

repository.ub.ac.id

**PENURUNAN KADAR *TOTAL PLATE COUNT* (TPC) PADA SUSU
SAPI PASTEURISASI MENGGUNAKAN DESAIN EKSPERIMEN
TAGUCHI**

SKRIPSI
TEKNIK INDUSTRI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



RAKHALIFA RIDHA ALRASYID
NIM 135060701111075

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG

2018

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Tidak lupa shalawat serta salam juga tercurah kepada Rasulullah Nabi Muhammad SAW. Skripsi yang berjudul **“Penurunan Kadar *Total Plate Count* (TPC) pada Susu Sapi Pasteurisasi dengan Menggunakan Desain Eksperimen Taguchi”** ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada Fakultas Teknik di Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa terdapat banyak hambatan yang penulis hadapi dalam penulisan skripsi ini, namun berkat dukungan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, hambatan-hambatan tersebut dapat teratasi. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas rahmat, nikmat, dan berkah sehingga penelitian skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Radhanta Pikukuh dan Ibu Sri Utami atas kasih sayang, doa dan kesabaran yang tak terbatas, untuk pelajaran dan didikan yang diberikan selama ini, motivasi, nasihat, dukungan mental dan materiil, serta perjuangan yang tidak pernah lelah demi memberikan pendidikan yang terbaik kepada penulis.
3. Bapak Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Universitas Brawijaya dan Ibu Rahmi Yuniarti, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang memberi ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
4. Ibu Ceria Farela Mada Tantrika, ST., MT. selaku dosen pembimbing I, atas kesabaran, motivasi, nasihat, dan kritikan selama menjalani seluruh rangkaian proses hingga saat ini.
5. Ibu Agustina Eunike, ST., MT., M.BA. selaku dosen pembimbing II, atas kesabaran, motivasi, nasihat, dan kritikan selama menjalani seluruh rangkaian proses hingga saat ini.
6. Ibu Ratih Ardia Sari, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik, yang selalu memberikan bimbingan dan arahan terhadap kegiatan akademik maupun non akademik kepada penulis.
7. Seluruh dosen Jurusan Teknik Industri yang telah dengan ikhlas memberikan ilmu yang sangat berharga dan bermanfaat bagi penulis.

8. Seluruh karyawan Jurusan Teknik Industri yang telah membantu memberikan informasi serta melaksanakan proses akademik.
9. Seluruh teman-teman Teknik Industri angkatan 2013 yang selalu memberikan bantuan, dukungan, motivasi dan semangat serta doa kepada penulis.
10. Yana Windy Sesha Putri yang selalu memberikan semangat serta dukungan kepada penulis.
11. Seluruh pihak yang belum disebutkan satu persatu oleh penulis atas keterlibatan dan dukungannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis juga mengucapkan permohonan maaf atas kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat dikembangkan dan bermanfaat bagi ilmu pengetahuan kedepannya.

Malang, Juli 2018

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
RINGKASAN	xiii
SUMMARY	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Asumsi Penelitian	5
1.6 Tujuan Penelitian	5
1.7 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Susu	8
2.2.1 Komposisi Susu	9
2.2.2 Proses Produksi Susu	11
2.3 Standar Mutu Susu Sapi	12
2.3.1 <i>Total Plate Count</i> (TPC)	13
2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Kadar <i>Total Plate Count</i> (TPC) Susu Sapi Pasteurisasi	14
2.4 Kualitas	16
2.5 Desain Eksperimen	16
2.5.1 Tujuan Desain Eksperimen	16
2.5.2 Macam Desain Eksperimen	17
2.6 Metode Taguchi	17
2.6.1 Langkah-langkah Metode Taguchi	18
2.6.2 Klasifikasi Parameter	20
2.6.3 <i>Orthogonal Array</i>	21

2.6.4 <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) untuk Data Variabel	23
2.6.5 <i>Signal to Noise Ratio</i> (S/N Ratio).....	25
2.6.6 Interval Kepercayaan	26
2.7 Alur Konsep Berfikir.....	27
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Jenis Penelitian	29
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	29
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	29
3.4 Langkah-langkah Penelitian	30
3.4.1 Tahap Pendahuluan.....	30
3.4.2 Tahap Perencanaan	31
3.4.3 Tahap Perancangan Desain Eksperimen.....	31
3.4.4 Tahap Pelaksanaan Eksperimen dan Analisis.....	32
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Gambaran Pembuatan Susu Sapi Pasteurisasi	35
4.2 Alat dan Bahan Pembuatan Susu Sapi Pasteurisasi.....	35
4.3 Proses Pembuatan Susu Sapi Pasteurisasi	37
4.4 Penetapan Karakteristik Kualitas.....	37
4.5 Identifikasi Faktor-Faktor (Variabel Bebas).....	38
4.6 Penetapan Faktor Berpengaruh.....	38
4.7 Penetapan <i>Orthogonal Array</i>	41
4.8 Penugasan pada <i>Orthogonal Array</i>	42
4.9 Pelaksanaan Eksperimen Taguchi	43
4.9.1 Pengumpulan Data Eksperimen.....	43
4.9.2 Pengolahan Data Eksperimen	43
4.9.2.1 Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai Rata-Rata	43
4.9.2.2 Perhitungan <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) <i>Signal to Noise Ratio</i>	51
4.9.3 Penentuan Setting Level Optimal	56
4.9.4 Perkiraan Kondisi Optimal dan Interval Kepercayaan	57
4.9.5 Pengujian Eksperimen Konfirmasi	60
4.10 Hasil Analisis dan Pembahasan	63
BAB V PENUTUP	67

5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	71





Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 1.1	Standar Mutu Susu Berdasarkan SNI	2
Tabel 1.2	Hasil Uji Cemarkan Mikroba Susu Sapi Pasteurisasi UMKM Susu Singosari	3
Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Saat Ini	8
Tabel 2.2	Perkiraan Konsentrasi Unsur dalam Susu Sapi Normal	9
Tabel 2.3	Standar Mutu Susu Sapi Berdasarkan SNI	13
Tabel 2.4	Macam-Macam Metode Pasteurisasi	15
Tabel 2.5	Perbedaan Jumlah Bakteri Susu pada Suhu yang Berbeda (cfu x 10 ³ /ml) ..	15
Table 2.6	Matriks Orthogonal Standar	23
Tabel 2.7	Tabel Data Variabel	23
Tabel 2.8	<i>Response Table of Factor Effects</i>	24
Tabel 2.9	Perbandingan Interval Kepercayaan untuk Kondisi Optimal dan Konfirmasi	27
Tabel 4.1	Peralatan Proses Produksi Susu Sapi Pasteurisasi	35
Tabel 4.2	Proses Pembuatan Susu Sapi Pasteurisasi.....	37
Tabel 4.3	Identifikasi Faktor yang Dianggap Berpengaruh.....	38
Tabel 4.4	Pengelompokan Faktor	38
Tabel 4.5	Penetapan Level Faktor yang Digunakan dalam Penelitian	40
Tabel 4.6	Perhitungan <i>Degree of Freedom</i>	41
Tabel 4.7	<i>Orthogonal Array L₈ (2⁷)</i>	42
Tabel 4.8	Penugasan pada <i>Orthogonal Array</i>	42
Tabel 4.9	Hasil data Eksperimen Taguchi (cfu/ml)	43
Tabel 4.10	Hasil Pengukuran Uji Nilai Rata-Rata Susu Sapi Pasteurisasi (cfu/ml)	44
Tabel 4.11	Hasil Perhitungan Tabel Respon.....	44
Tabel 4.12	<i>Analysis of Variance</i> Nilai Rata-Rata	48
Tabel 4.13	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) Nilai Rata-Rata <i>Pooling</i>	50
Tabel 4.14	Rekap ANOVA Nilai Rata-Rata Setelah Pooling.....	51
Tabel 4.15	Data Hasil Perhitungan SNR	52
Tabel 4.16	Tabel Respon <i>Signal to Noise Ratio</i>	53
Tabel 4.17	Tabel ANOVA <i>Signal to Noise Ratio Pooling</i>	55
Tabel 4.18	Rekap ANOVA Nilai SNR setelah Pooling.....	56
Tabel 4.19	Perbandingan Pengaruh Faktor pada Eksperimen Taguchi	56

Tabel 4.20	Faktor Terkendali <i>Setting Level</i> Optimal.....	60
Tabel 4.21	Hasil Eksperimen Konfirmasi	60
Tabel 4.22	Hasil Perhitungan Interval Kepercayaan Kadar TPC Susu Prediksi dan Optimasi.....	64



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Distribusi unsur pokok susu sapi	9
Gambar 2.2	Proses produksi susu	12
Gambar 2.3	Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas	21
Gambar 2.4	Alur kerangka berfikir.....	27
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	33
Gambar 4.1	Perbandingan interval kepercayaan nilai prediksi dan eksperimen konfirmasi nilai rata-rata	62
Gambar 4.2	Perbandingan interval kepercayaan nilai prediksi dan eksperimen konfirmasi nilai SNR.....	63





Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Hasil Uji TPC Eksperimen 1 dan 4	71
Lampiran 2	Hasil Uji TPC Eksperimen 6 dan 7	72
Lampiran 3	Hasil Uji TPC Eksperimen 2, 3, 5, dan 8	73
Lampiran 4	Hasil Uji TPC Eksperimen Konfirmasi	74





Halaman ini sengaja dikosongkan

RINGKASAN

Rakhalifa Ridha Alrasyid, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2018, Penurunan Kadar *Total Plate Count* (TPC) pada Susu Sapi Pasteurisasi Menggunakan Desain Eksperimen Taguchi, Dosen Pembimbing: Ceria Farela Mada Tantrika dan Agustina Eunike

Makanan adalah salah satu aspek penting dalam kehidupan manusia. Salah satu sumber bahan pangan yang sangat penting bagi manusia adalah susu. Menjaga kualitas susu harus dimulai dari awal proses pemerahan hingga susu tersebut sampai ke tangan konsumen. Hal ini dikarenakan susu sangat rentan terhadap kontaminasi bakteri yang cukup berbahaya apabila masuk ke dalam tubuh. Persyaratan mutu mikrobiologis mutlak dimiliki suatu bahan pangan, karena menyangkut kesehatan bagi orang yang mengkonsumsinya. Untuk itu para ahli mengadakan penelitian dan mengeluarkan berbagai hasil penelitian yang berkaitan dengan keamanan bahan pangan. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), terdapat 3 standar cemaran mikroba yang diperbolehkan pada susu sapi yaitu *Total Plate Count*, *Staphylococcus Aureus* dan *Enterobacteriaceae*. Dari data nilai cemaran mikroba di UMKM Susu Singosari terdapat satu indikator yang nilainya melebihi batas SNI yaitu kadar *Total Plate Count* sebesar $1,6 \times 10^6$ cfu/ml dimana nilai yang diperbolehkan hanya sebesar 1×10^6 cfu/ml. Hal ini dapat menimbulkan kontaminasi bakteri jika susu dikonsumsi terus menerus.

Metode Taguchi merupakan sebuah metode yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan dengan menekan biaya serta meminimalkan sumber daya. Langkah-langkah metode taguchi terbagi menjadi 5 tahap, yang pertama yaitu tahap perencanaan yang didalamnya terdapat perumusan masalah, tujuan eksperimen, penentuan variabel tak bebas, identifikasi variabel bebas, pemisahan faktor robust dan faktor noise, penentuan jumlah level dan nilai level faktor, perhitungan derajat kebebasan dan pemilihan *orthogonal array*. Tahap yang kedua yaitu tahap pelaksanaan, yang didalamnya terdapat perhitungan jumlah replikasi dan randomisasi. Tahap yang ketiga yaitu tahap analisa yang didalamnya terdapat perhitungan analisis varians taguchi, uji F, strategi *pooling up*, dan rasio S/N. Tahap yang keempat yaitu tahap interpretasi, yang didalamnya terdapat perhitungan persen kontribusi dan interval kepercayaan. Selanjutnya tahap yang kelima yaitu tahap eksperimen konfirmasi yang bertujuan untuk memverifikasi dugaan yang dibuat pada saat model performansi penentuan faktor dan interaksinya.

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen Taguchi dengan 7 faktor dan 2 level. *Orthogonal Array* yang digunakan adalah $L_8 (2^7)$. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi yaitu faktor proses pendinginan dengan kontribusi sebesar 22,26%, faktor kemasan penyimpanan dengan kontribusi sebesar 19,9%, faktor suhu pasteurisasi dengan kontribusi 16,08%, faktor alat perah sapi dengan kontribusi 10,66%, faktor suhu penyimpanan dengan kontribusi sebesar 7,51% dan faktor waktu penyimpanan dengan kontribusi sebesar 6,81%. Berdasarkan perhitungan rata-rata dan SNR didapatkan *setting level* faktor optimal yaitu faktor A level 2 (alat perah mesin), faktor B level 1 (suhu pasteurisasi 75°C), faktor C level 1 (waktu pasteurisasi 30 detik), faktor D level 1 (proses pendinginan menggunakan alat bantu), faktor E level 1 (kemasan botol plastik), faktor F level 2 (suhu penyimpanan 0°C) dan faktor G level 2 (waktu penyimpanan 2 hari).

Kata Kunci: Metode Taguchi, Susu Sapi Pasteurisasi, *Total Plate Count*



Halaman ini sengaja dikosongkan

SUMMARY

Rakhalifa Ridha Alrasyid, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, July 2018, Decreasing *Total Plate Count* (TPC) of Pasteurized Cow Milk using Taguchi Experimental Design, Supervisor: Ceria Farela Mada Tantrika and Agustina Eunike.

Food is one of the most important aspects of human life. One of the most important food source for humans is milk. Maintaining the quality of milk should start from the beginning of milking process until the milk reaches the hands of consumers. Therefore milk is very susceptible to bacterial contamination which is quite dangerous when entering the body. Microbiological quality requirement is very important for food, because it involves health for people who consume it. For that the experts conduct research and issued various research results related to food safety. Based on Indonesian National Standard (SNI), there are 3 standard of microbial contamination that is allowed on cow's milk that is Total Plate Count, *Staphylococcus Aureus* and *Enterobacteriaceae*. From data of value of microbial contamination at UMKM Susu Singosari there is one indicator whose value exceeds the limit of SNI that is Total Plate Count value of 1.6×10^6 cfu/ml where the allowed value is only 1×10^6 cfu/ml. This can cause bacterial contamination if the milk is consumed continuously.

Taguchi experimental design is a method that aims to improve the quality of products and processes at the same time by reducing costs and minimizing resources. The steps of the taguchi method are divided into 5 stages, the first is the planning stage in which there is the formulation of the problem, the objective of the experiment, the determination of the dependent variable, the identification of the independent variable, the separation of the control factor and the noise factor, the determination of the number of levels and the value of the factor level, degree of freedom and selection of orthogonal arrays. The second stage is the implementation stage, in which there is calculation of the number of replication and randomization. The third stage is the analysis phase which includes the calculation of taguchi variance analysis, F test, pooling up strategy, and S/N ratio. The fourth stage is the stage of interpretation, in which there is a percentage of contributions and confidence intervals. Then the fifth stage is the confirmation experiment stage which aims to verify the allegations made during the performance model of factor determination and interaction.

This research uses Taguchi experimental design with 7 factors and 2 levels. Orthogonal Array used is $L_8 (2^7)$. Based on the results of research conducted, the factors that influence the TPC level of pasteurized cow milk is cooling process factor with contribution of 22.26%, packaging factor with contribution of 19.9%, pasteurization temperature factor with a contribution of 16.08%, milking tools factor with contribution of 10.66%, storage temperature factor with contribution equal to 7.51% and storage time factor with contribution equal to 6.81%. Based on the calculation of the average value and SNR the setting of the optimum factor level are A level 2 (machine milking tools), B level 1 (pasteurization temperature 75°C), C level 1 (pasteurization time 30 seconds), D level 1 (cooling process using helping tools), E level 1 (plastic bottle packaging), F level 2 (storage temperature 0°C) and G level 2 (2 days storage time).

Keywords: Taguchi Method, Pasteurized Cow Milk, Total Plate Count



Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

PENURUNAN KADAR *TOTAL PLATE COUNT* (TPC) PADA SUSU SAPI PASTEURISASI MENGGUNAKAN DESAIN EKSPERIMEN TAGUCHI

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



RAKHALIFA RIDHA ALRASYID

NIM. 135060701111075

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 23 Juli 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ceria Farela Mada Tantrika, ST., MT.
NIP. 19840426 200812 2 002

Agustina Eunike, ST., MT., M.BA.
NIP. 19800811 201212 2002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri

Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19741115 200604 1 002

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta asumsi dan batasan permasalahan yang menjadi dasar dilakukannya penelitian.

1.1 Latar Belakang

Makanan adalah salah satu aspek penting dalam kehidupan manusia. Makanan berfungsi untuk memenuhi asupan zat-zat penting yang diperlukan oleh tubuh manusia seperti karbohidrat, protein, vitamin dan lain-lain. Pengolahan makanan mulai dari bahan baku hingga produk jadi harus memperhatikan hal-hal tertentu agar bahan pangan terjaga kualitasnya. Jika bahan pangan menjadi rusak atau terkontaminasi oleh bakteri yang berbahaya bagi tubuh maka hal tersebut bisa menjadi sumber penyakit bagi orang yang mengkonsumsinya.

Salah satu sumber bahan pangan yang sangat penting bagi manusia adalah susu. Susu adalah cairan berwarna putih yang disekresikan oleh kelenjar *mammæ*, untuk bahan makanan dan sumber gizi. Sebagian besar susu yang dikonsumsi manusia berasal dari sapi, selain sapi terdapat beberapa hewan ternak lain yang juga memproduksi susu misalnya kerbau, kambing, unta dan sebagainya (Sediaoetama, 1985). Selain dikonsumsi dalam bentuk susu, susu juga dapat diolah menjadi berbagai produk antara lain susu pasteurisasi, susu skim, mentega, keju, susu kental, susu bubuk, *yoghurt*, kefir, es krim, karamel/kembang gula susu, dodol susu dan kerupuk susu (Abubakar, 1994). Susu memiliki banyak manfaat antara lain mencegah *osteoporosis*, menurunkan tekanan darah, mencegah kerusakan gigi, menetralkan racun, mencegah terjadinya kanker usus, mencegah diabetes tipe 2, mempercantik kulit, serta membantu agar lebih cepat tidur (Melani, 2007). Selain karena manfaatnya yang cukup banyak, susu menjadi bahan pangan yang esensial bagi manusia karena merupakan sumber nutrisi yang sangat lengkap. Jika seluruh orang di dunia mengonsumsi 250 ml susu setiap hari, maka hal tersebut akan mengubah pola nutrisi dan penyakit di dunia (Chamberlain, 1989).

Menjaga kualitas susu harus dimulai dari awal proses pemerahan hingga susu tersebut sampai ke tangan konsumen. Hal ini dikarenakan susu merupakan media yang sangat baik bagi pertumbuhan mikroorganisme dan dapat menjadi sarana bagi penyebaran

mikroorganisme yang membahayakan kesehatan manusia. Balia, Harliya, dan Suryanto (2008) menyatakan bahwa susu akan mudah tercemar mikroorganisme bila penanganannya tidak memperhatikan aspek kebersihan serta standar tertentu. Sedangkan Murdiati, Priadi, Rachmawati, dan Yuningsih (2004) menyatakan bahwa upaya memenuhi ketersediaan susu harus disertai dengan peningkatan kualitas dan keamanan produk susu, karena tingginya nilai gizi suatu bahan pangan akan menjadi tidak berarti apabila bahan pangan tersebut berbahaya bagi kesehatan.

Mutu mikrobiologis dari suatu produk makanan ditentukan oleh jumlah dan jenis mikroorganisme yang terdapat dalam bahan pangan. Mutu mikrobiologis ini akan menentukan ketahanan simpan dari produk pangan tersebut ditinjau dari kerusakan oleh mikroorganisme dan keamanan produk dari mikroorganisme ditentukan oleh spesies patogenik (Gorris, 2005).

Persyaratan mutu mikrobiologis mutlak dimiliki suatu bahan pangan, karena menyangkut kesehatan bagi orang yang mengkonsumsinya. Untuk itu para ahli mengadakan penelitian dan mengeluarkan berbagai hasil penelitian yang berkaitan dengan keamanan bahan pangan. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), tabel 1.2 merupakan standar cemaran mikroba yang diperbolehkan pada susu sapi .

Tabel 1.1
Standar Mutu Susu Berdasarkan SNI

No.	Karakteristik	Satuan	Nilai
1.	<i>Total Plate Count</i>	cfu/ml	1×10^6
2.	<i>Staphylococcus Aureus</i>	cfu/ml	1×10^2
3.	<i>Enterobacteriaceae</i>	cfu/ml	1×10^3

Sumber: SNI 3141.1:2011

Industri susu di Indonesia terbagi menjadi dua jenis yaitu pabrik pengolahan susu dengan alat-alat modern dan Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM). Terdapat perbedaan perlakuan proses produksi dari kedua jenis industri tersebut. Industri-industri besar memiliki peralatan-peralatan yang canggih sehingga mutu susu yang dihasilkan lebih terjaga. Sedangkan pada UMKM meskipun terdapat beberapa yang sudah menggunakan peralatan yang cukup modern, masih banyak UMKM yang menggunakan peralatan yang sederhana dalam produksi susu sehingga masih terdapat celah kontaminasi bakteri. Selain itu, kondisi peternakan dari industri susu besar dan UMKM juga berbeda. Industri susu besar umumnya memiliki peternakan sendiri yang lebih terjaga kebersihannya, sedangkan UMKM lebih banyak mengumpulkan susu dari peternak individu yang kondisi peternakannya masih cukup sederhana.

Menurut data dari kementerian pertanian tahun 2016, Jawa Timur merupakan provinsi dengan produksi susu perah terbanyak di Indonesia. Pada tahun 2012-2016, rata-rata produksi sapi perah di Jawa Timur sebesar 475.12 ribu ton atau sebesar 55.50% dari produksi nasional (Agustina, 2016). Salah satu daerah penghasil susu di Jawa Timur adalah Kabupaten Malang. Produksi susu Kabupaten Malang tahun 2016 adalah sebesar 132.052 ton atau sekitar 28% dari produksi susu di Jawa Timur. Dari total produksi susu tersebut ada yang diolah secara mandiri oleh masyarakat, serta dikirim ke pabrik pengolahan susu.

Salah satu industri rumahan pengolah susu di Kabupaten Malang adalah UMKM Susu Singosari yang berlokasi di daerah Singosari, Malang. Terdapat berbagai macam produk olahan susu yang diproduksi oleh UMKM Susu Singosari antara lain, susu sapi pasteurisasi dan *yoghurt*. Produk olahan susu tersebut sudah dipasarkan hingga ke luar Kabupaten Malang. Proses pengolahan produk susu di UMKM Susu Singosari masih menggunakan alat-alat sederhana seperti kompor gas untuk pasteurisasi serta pengemasan menggunakan botol plastik sederhana yang telah di sterilisasi. Tabel 1.3 merupakan data hasil uji cemaran mikroba pada susu sapi pasteurisasi UMKM Susu Singosari yang diambil pada bulan September 2017.

Tabel 1.2

Hasil Uji Cemaran Mikroba Susu Sapi Pasteurisasi UMKM Susu Singosari

No	Jenis Mikroba	Nilai (cfu/ml)
1.	<i>Total Plate Count</i>	$1,6 \times 10^6$
2.	<i>Staphylococcus Aureus</i>	$8,8 \times 10^1$
3.	<i>Enterobacteriaceae</i>	$9,1 \times 10^2$

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa kadar TPC susu sapi pasteurisasi di UMKM Susu Singosari menunjukkan angka 1.6×10^6 cfu/ml. Angka tersebut melebihi batas maksimal kadar TPC yang ditetapkan oleh SNI sebesar 10^6 cfu/ml. Sedangkan untuk dua indikator cemaran mikroba lain yaitu *Staphylococcus Aureus* dan *Enterobacteriaceae* sudah memenuhi standar SNI walaupun memiliki selisih yang terbilang kecil. Kadar cemaran mikroba yang melebihi batas dapat mengakibatkan terjadinya kontaminasi bakteri pada konsumen.

Beberapa sebab kadar TPC pada produk olahan susu sapi pasteurisasi di UMKM Susu Singosari masih melebihi batas SNI dikarenakan alat pengolahan susu yang masih sederhana serta proses pasteurisasi yang kurang sesuai. Selain itu, proses pendinginan susu setelah melalui proses pasteurisasi memakan waktu yang cukup lama. Hal ini dapat menjadi celah untuk kontaminasi bakteri sehingga kadar TPC dapat meningkat.

Berdasarkan permasalahan yang telah dijabarkan maka diperlukan adanya penelitian untuk membantu UMKM Susu Singosari mengetahui kualitas serta faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pengolahan susu sapi pasteurisasi dilihat dari kadar TPC. Penelitian ini menganalisis kadar *Total Plate Count* (TPC) susu sapi pasteurisasi menggunakan desain eksperimen Taguchi. Desain eksperimen Taguchi adalah sebuah metode yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan dengan menekan biaya serta meminimalkan sumber daya. Metode ini menjadikan produk/proses bersifat kokoh (*robust*) terhadap faktor gangguan (*noise*), sehingga metode ini disebut juga *robust design* (Soejanto, 2009). Metode Taguchi dipilih karena dapat menghasilkan *setting level* optimal yang nantinya dapat digunakan UMKM Susu Singosari untuk meningkatkan kualitas produk susu sapi pasteurisasi. Diharapkan dengan penelitian ini UMKM Susu Singosari serta para pelaku industri susu menjadi lebih paham akan kualitas susu serta faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam proses produksi susu sapi pasteurisasi agar produk yang dihasilkan sesuai dengan standar mutu yang telah ditetapkan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan sebelumnya, maka dapat diidentifikasi permasalahan yang terjadi sebagai berikut.

1. Kadar TPC di UMKM Susu Singosari masih berada di angka yang melewati batas standar SNI sehingga dapat menyebabkan kontaminasi bakteri jika dikonsumsi secara terus menerus.
2. Pihak UMKM Susu Singosari masih belum mengetahui kombinasi faktor serta level faktor optimal yang dapat meningkatkan kualitas susu sapi pasteurisasi.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, maka permasalahan pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Faktor apa saja yang memiliki pengaruh terhadap kualitas susu dilihat dari kadar *Total Plate Count* (TPC) di UMKM Susu Singosari?
2. Bagaimana *setting level* faktor optimal yang mampu menjaga kualitas susu dilihat dari kadar *Total Plate Count* (TPC) di UMKM Susu Singosari?

1.4 Batasan Masalah

Untuk memperoleh analisis yang baik dan agar analisis lebih terarah maka diperlukan batasan-batasan sebagai berikut.

1. Acuan kualitas yang digunakan untuk menganalisis kadar *Total Plate Count* (TPC) di UMKM Susu Singosari adalah SNI 3141.1:2011.
2. Karakteristik kualitas pada metode Taguchi yang digunakan adalah *smaller the better*.
3. Jenis susu yang dipakai adalah jenis susu sapi yang diperoleh langsung dari peternak di Kabupaten Malang dan Batu.

1.5 Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Semua faktor *noise* dianggap sama seperti saat produksi berlangsung.

1.6 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah sebelumnya, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan faktor yang berpengaruh terhadap kualitas susu sapi pasteurisasi dilihat dari kadar *Total Plate Count* (TPC) di UMKM Susu Singosari.
2. Menentukan kombinasi faktor dan level yang optimal, sehingga dapat menjaga kadar *Total Plate Count* (TPC) susu sapi pasteurisasi di UMKM Susu Singosari.

1.7 Manfaat Penelitian

Dari pelaksanaan penelitian ini diharapkan dapat diperoleh manfaat adalah:

1. Mengetahui *setting level* optimal dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kadar *Total Plate Count* (TPC) susu sapi pasteurisasi sebagai landasan proses yang dapat digunakan industri susu dalam taraf UMKM di Indonesia agar dapat menjaga kualitas susu selama proses produksi.
2. Sebagai informasi tambahan bagi penelitian selanjutnya yang memiliki tema relevan serta sebagai perbandingan untuk penelitian selanjutnya.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian yang dilaksanakan, diperlukan dasar-dasar argumentasi ilmiah yang berhubungan dengan konsep-konsep yang dipermasalahkan dalam penelitian dan akan dipakai dalam analisis. Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa dasar argumentasi atau teori yang digunakan dalam penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu memaparkan beberapa konsep relevan yang berhubungan dengan penelitian ini. Rangkuman penelitian terdahulu dan perbandingan dengan penelitian saat ini terdapat pada Tabel 2.1.

1. Sufyanhadi (2012) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penurunan suhu secara cepat dan waktu penyimpanan terhadap *Total Plate Count* (TPC) dan jumlah koloni pada susu fermentasi. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor dan tiga kali ulangan. Data pengamatan dianalisis dengan analisis varians (ANOVA) dua jalur dan dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan (UJBD) bila hasil uji menunjukkan adanya pengaruh. Penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan yang menghasilkan kandungan koliform dan TPC paling rendah terdapat pada perlakuan P₁Q₂ (penurunan suhu secara cepat selama 5 detik dan penyimpanan 4 hari).
2. Mudawaroch, Arifin, dan Amanah (2013) melakukan penelitian terhadap jumlah total bakteri (TPC) pada susu kambing peranakan etawa dengan variabel lama penyimpanan pada suhu -20°C. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 4 kali ulangan. Data yang didapat dari eksperimen kemudian dianalisis menggunakan metode ANOVA. Dari hasil analisis didapatkan bahwa susu kambing yang disimpan selama 0 hari, 5 hari, 10 hari dan 15 hari pada suhu -20°C tidak menunjukkan pertumbuhan bakteri secara nyata sehingga susu masih layak untuk dikonsumsi.
3. Wardiana (2015) melakukan penelitian kualitas susu pasteurisasi dengan *microwave* ditinjau dari uji reduktasi, *coliform*, *Total Plate Count* (TPC) dan *Somatic Cell Count* (SCC). Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 3 macam perlakuan dan masing-masing perlakuan terdiri dari 4 kelompok. Data yang

diperoleh kemudian dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA). Berdasarkan analisis statistik diketahui bahwa perlakuan pasteurisasi susu dengan *microwave* tidak memberikan perbedaan pengaruh yang nyata terhadap angka reduktase, *coliform*, *Total Plate Count* (TPC) dan *Somatic Cell Count* (SCC).

Tabel 2.1
Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Saat Ini

Karakteristik Penelitian	Peneliti			
	Sufyanhadi (2012)	Mudawaroch, Arifin, dan Amanah (2013)	Wardiana (2015)	Penelitian Ini
Objek Penelitian	Susu Sapi Pasteurisasi	Susu Kambing Peranakan Etawah	Susu Sapi Segar	Susu Sapi Pasteurisasi
Faktor Eksperimen	Penurunan suhu secara cepat dan waktu penyimpanan	Lama penyimpanan pada suhu -20°C	Suhu dan waktu pasteurisasi	Suhu dan waktu pasteurisasi, alat perah, suhu dan waktu penyimpanan, proses pendinginan, kemasan.
Parameter yang diamati	<i>Total Plate Count</i> (TPC) dan Koloni Koliform	<i>Total Plate Count</i> (TPC)	Angka reduktase, <i>Coliform</i> , <i>Total Plate Count</i> (TPC) dan <i>Somatic Cell Count</i> (SCC)	<i>Total Plate Count</i> (TPC)
Metode Penelitian	Rancangan Acak Lengkap dan Uji Jarak Berganda Duncan	Rancangan Acak Lengkap dan ANOVA	Rancangan Acak Kelompok dan ANOVA	Metode <i>Taguchi</i> ANOVA untuk data variabel, S/N rasio dan rata-rata
Hasil	TPC dan Koliform paling rendah adalah sebesar 6,60 (log cfu/ml) dan 7,51 (log cfu/ml)	Tidak terdapat pertumbuhan bakteri yang signifikan dari perlakuan yang di ujikan	Perlakuan pasteurisasi susu dengan <i>microwave</i> tidak memberikan perbedaan pengaruh yang nyata terhadap angka reduktase, <i>coliform</i> , <i>Total Plate Count</i> (TPC) dan <i>Somatic Cell Count</i> (SCC)	Didapatkan hasil bahwa semua faktor memiliki pengaruh dengan faktor yang paling berpengaruh adalah suhu pasteurisasi, kemasan, dan proses pendinginan.

2.2 Susu

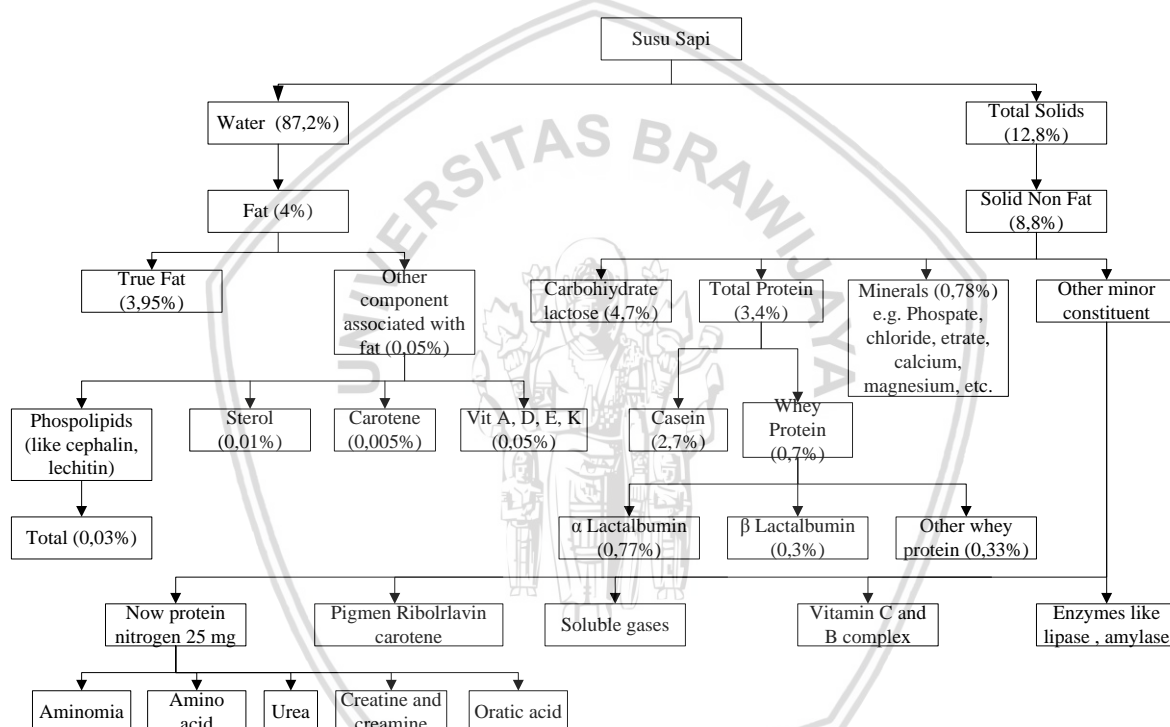
Menurut Idris (1992), susu dapat diartikan sebagai sekresi yang normal dari kelenjar ambing hewan menyusui. Secara alami, susu sesungguhnya tercipta untuk memenuhi kebutuhan makanan bagi anak yang dilahirkan. Namun demikian, sejak beribu tahun yang lalu manusia melihat adanya kemungkinan untuk memanfaatkan susu dan produk susu sebagai bahan pangan, bukan saja untuk bayi dan anak-anak tetapi juga untuk orang dewasa.

Selain sapi, hewan lain yang digunakan oleh manusia sebagai sumber penghasil susu adalah kerbau, domba, unta dan dalam jumlah yang sangat terbatas kuda dan ilama.

Walaupun begitu yang paling banyak proporsinya dalam menyediakan susu terutama di Eropa dan Amerika adalah sapi (Idris, 1992).

2.2.1 Komposisi Susu

Susu merupakan campuran kompleks dari berbagai macam zat dan senyawa. Tabel 2.2 menunjukkan tabulasi dari setiap unsur pokok yang terdapat pada susu sapi yang baru diperah. Lemak susu, laktosa, kasein, β -laktoglobulin, α -laktalbumin dan beberapa protein lain adalah protein yang memiliki karakteristik khusus yang hanya terdapat pada susu. Sedangkan unsur lain tidak hanya terdapat pada susu tapi juga terdapat pada sumber biologis yang lain. Distribusi dari unsur pokok susu sapi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Distribusi unsur pokok susu sapi

Sumber: Singh (2014)

Studi mengenai unsur pokok susu sangat penting untuk mengetahui sifat-sifat dari susu itu sendiri beserta nutrisinya. Hal ini juga sangat penting dalam proses produksi serta manufaktur produk susu.

Tabel 2.2

Perkiraan Konsentrasi Unsur dalam Susu Sapi Normal

Constituent	Approximate Concentration (Weight/litre of milk)
1. Water	860-880g
2. Lipids in emulsion phase	
a. Milk fat (a mixture of mixed triglycerides)	30-50g
b. Phospholipids (lecithins, cephalins, sphingomyelins, etc)	0.30g
c. Cerebrosides	?
d. Sterols	0.10g

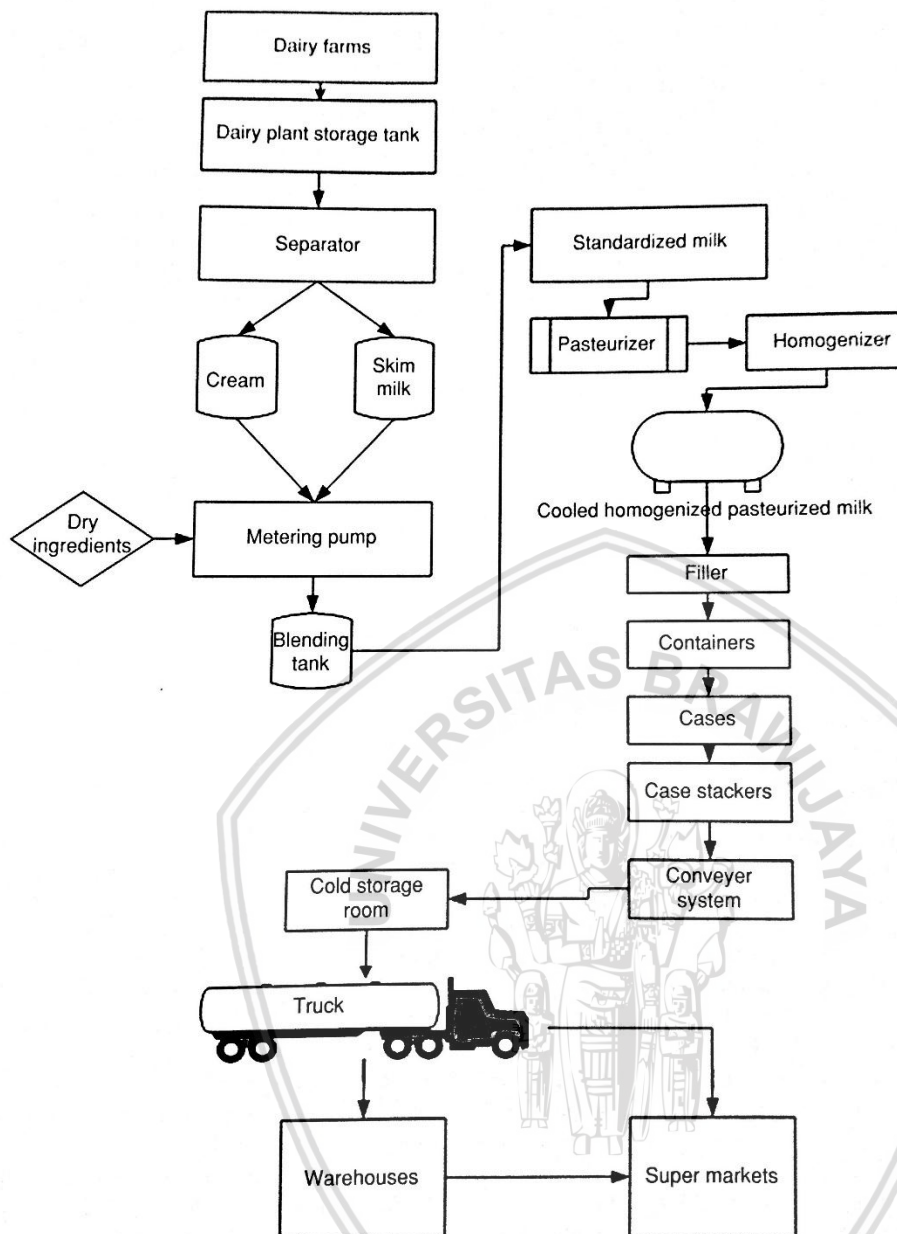
<i>Constituent</i>	<i>Approximate Concentration (Weight/litre of milk)</i>
e. Carotenoids f. Vitamin A g. Vitamin D h. Vitamin E i. Vitamin K	0.10-0.60mg 0.10-0.50mg 0.4mg 1.0mg Trace
3. Proteins in colloidal dispersion a. Casein (a, b, g fractions) b. β -lactoglobulin (s) c. α -lactalbumin d. Albumin probably identical to blood serum albumin e. Euglobin f. Pseudoglobulin g. Others albumins and globulins h. Mucins (?) i. Fat globule protein (?) j. Enzymes 1. Catalase 2. Peroxidase 3. Xanthinoxidase 4. Phosphatases (acid and alkaline) 5. Aldolase 6. Amylases (a and b) 7. Lipases and other esterases 8. Proteases 9. Carbonic anhydrases 10. Salolase (?)	25g 3g 0.7g 0.3g 0.3g 0.3g 1.3g ? 0.2g
4. Dissolved materials	
a. Carbohydrates 1. Lactose (a and b) 2. Glucose 3. Other sugars traces b. Inorganic and organic ions and salts 1. Calcium* 2. Magnesium* 3. Sodium 4. Phosphates* (As $PO_4^{a''}$) 5. Citrates* (as citric acid) 6. Chloride 7. Bicarbonate 8. Sulphate 9. Lactate (?) c. Water soluble vitamins 1. Thiamine 2. Riboflavin 3. Niacin 4. Pyridoxine 5. Panthotenic acid 6. Biotin 7. Folic acid 8. Choline (total) 9. Vitamin B-12 10. Inositol 11. Ascorbic acid d. Nitrogenous materials not proteins or vitamins (as N) 1. Ammonia (as N) 2. Amino acids (as N) 3. Urea (as N)	45-50g 50mg 1.25g 0.10g 0.50g 2.10g 2.00g 1.00g 0.20g 0.10g 0.02g 0.4mg 1.5mg 0.2-1.2mg 0.7mg 3.0mg 50mg 1.0mg 150mg 7.0mg 180mg 20mg 250mg 2-12mg 3.5mg 100mg

Constituent	Approximate Concentration (Weight/litre of milk)
4. Creatine and creatinine(as N)	15mg
5. Methyl guanidine (?)	?
6. Urid acid	7mg
7. Adenine	
8. Guanine	
9. Hypoxanthine (?)	
10.Xanthine (?)	
11.Uracil -4-carboxylic acid (orotic acid)	50-00mg
12.Hippuric acid	30-60mg
13.Indican	0.3-2.0mg
14.Thiocyanate (?)	
e. Gases (milk exposed to air)	
1. Carbon dioxide	100mg
2. Oxygen	7.5mg
3. Nitrogen	15.0mg
f. Miscellaneous	
1. Esters of phosphoric acid not yet identified (as phosphorous)	0.10mg
5. Trace Elements (form of occurrence not elucidated)	
Usually present	
Rb, Li, Ba, Sr, Mn, Al, Zn, B, Cu, Fe, Co, I	
Occasionally present or questionable	
Pb, Mo, Cr, Ag, Sn, Ti, V, F, Si	
(?) Presence, identity or concentration uncertain.	
*partly in colloidal dispersion	

Sumber: Jenness & Patton (1969)

2.2.2 Proses Produksi Susu

Secara umum, proses produksi susu menurut Shah & Vasiljevic (2008) dimulai dari susu mentah yang terdapat di peternakan. Susu ini akan diantarkan menuju ke tempat penyimpanan untuk kemudian menjadi *standardized milk*. *Standardized milk* adalah susu yang telah memenuhi kandungan standar dari daerah susu tersebut diproduksi. Setelah susu memenuhi standar, susu akan masuk ke proses pasteurisasi dan homogenisasi. Pasteurisasi adalah proses pemanasan susu mentah untuk menghancurkan bakteri patogen dan mikroorganisme yang bersifat merugikan (Singh, 2014). Sedangkan homogenisasi adalah proses pengurangan ukuran lemak susu dengan memompa susu dengan tekanan tinggi melewati katup kecil. Setelah itu, susu akan dikemas sesuai kemasan dan akan disimpan pada ruangan bersuhu sekitar 4,4°C/40°F sebelum nantinya akan didistribusikan kepada konsumen. Gambar 2.2 menunjukkan diagram proses produksi susu secara umum.



Gambar 2.2 Proses produksi susu
Sumber: Shah & Vasiljevic (2008)

2.3 Standar Mutu Susu Sapi

Pengujian mutu susu sangat penting dan harus dikerjakan secara baik dan benar untuk menghindari pemalsuan atau sebab-sebab lain yang mengakibatkan susu tidak lagi seperti aslinya ketika diperoleh dari pemerahan. Pengujian mutu susu harus dikerjakan dengan menentukan sifat-sifat fisikawinya, sifat-sifat kimiawinya dan biologisnya. Berikut adalah penjelasan dari ketiga pengujian tersebut menurut Hadiwiyo (1994).

1. Pemeriksaan fisikawi: pengujian yang paling penting dalam sifat fisikawi ditekankan pada pemeriksaan berat jenis dan angka refraksi (indeks bias) susu.

2. Pemeriksaan kimiawi: pengujian kadar lemak adalah pengujian yang paling penting pada sifat kimiawi dari susu. Kadar lemak susu tidak boleh kurang dari 2.7%.
3. Pemeriksaan biologik: pengujian biologik dilakukan untuk mengetahui kemungkinan adanya perubahan akibat aktivitas mikroba dan enzim-enzim dalam susu.

Tabel 2.3 adalah standar mutu susu sapi berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia).

Tabel 2.3

Standar Mutu Susu Sapi Berdasarkan SNI

No.	Karakteristik	Satuan	Syarat
1.	Berat Jenis (pada suhu 27.5°C) minimum	g/mL	1.0270
2.	Kadar lemak minimum	%	3.0
3.	Kadar bahan kering tanpa lemak minimum	%	7.8
4.	Kadar protein minimum	%	2.8
5.	Warna, bau, rasa, kekentalan	-	Tidak ada perubahan
6.	Derajat asam	°SH	6.0-7.5
7.	pH	-	6.3-6.8
8.	Uji alkohol (70%) v/v	-	Negatif
9.	Cemaran mikroba, maksimum: a. <i>Total Plate Count</i> b. <i>Staphylococcus Aureus</i> c. <i>Enterobacteriaceae</i>	CFU/mL CFU/mL CFU/mL	1×10^6 1×10^2 1×10^3
10.	Jumlah sel somatis maksimum	sel/mL	4×10^5
11.	Residu antibiotika (golongan penisilin, tetrasiklin, aminoglikosida, makrolida)	-	Negatif
12.	Uji pemalsuan	-	Negatif
13.	Titik beku	°C	-0.520 s.d -0.560
14.	Uji peroxidase	-	Positif
15.	Cemaran logam berat, maksimum: a. Timbal (Pb) b. Merkuri (Hg) c. Arsen (As)	µg/mL µg/mL µg/mL	0.02 0.03 0.1

Sumber: SNI 3141.1:2011

2.3.1 Total Plate Count (TPC)

Susu merupakan media ideal bagi berkembangnya mikroorganisme. Terdapat beberapa mikroorganisme yang bersifat merugikan dalam susu seperti *eschericia coli*, *cornyeform*, dan *micrococcus*. *Total Plate Count* (TPC) adalah sebuah metode untuk menghitung total mikroorganisme negatif yang terdapat dalam sebuah produk dengan cara menghitung koloni mikroorganisme yang ditumbuhkan pada media agar. Prinsip hitungan cawan dapat digunakan untuk menghitung total mikroorganisme. Media yang digunakan dalam metode ini adalah *Nutrien Agar* (NA). *Nutrien Agar* adalah medium yang mengandung sumber nitrogen dalam jumlah cukup yaitu 0,3% ekstrak sapi dan 0,5% pepton, tetapi tidak mengandung sumber karbohidrat. Oleh karena itu media ini sangat baik untuk pertumbuhan mikroorganisme (Fardiaz, 1993).

Jumlah mikroorganisme per ml diperoleh dengan cara mengalikan jumlah koloni per cawan dengan faktor pengenceran. Jika dalam pengenceran menghasilkan kurang dari 30 koloni, hanya jumlah koloni pada pengenceran terendah yang digunakan. Sedangkan pada koloni yang lebih dari 300, hanya jumlah koloni pada pengenceran tertinggi yang digunakan. Apabila dua tingkat pengenceran menghasilkan koloni dalam jumlah antara 30-300 koloni, maka yang dihitung adalah rata-rata dari kedua nilai pengenceran tersebut (Fardiaz, 1993). Kadar TPC susu sapi pasteurisasi maksimum berdasarkan SNI adalah 1×10^6 cfu/ml.

2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Kadar TPC (*Total Plate Count*) Susu Sapi Pasteurisasi

Berikut adalah beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kadar TPC pada susu sapi pasteurisasi menurut berbagai sumber.

1. Alat dan proses pemerahan: proses pemerahan menggunakan mesin perah dapat menghasilkan kadar bakteri yang lebih sedikit daripada menggunakan tangan. Bagaimanapun, apapun alat yang digunakan dalam proses pemerahan harus diperhatikan kebersihannya secara menyeluruh (Singh, 2004).
2. Kebersihan kandang sapi: Cahyono, Padaga, dan Sawitri (2013) menyebutkan bahwa manajemen kebersihan kandang yang baik dapat menurunkan TPC dan sedimen susu. Rendahnya jumlah TPC dalam susu segar kemungkinan disebabkan karena pembersihan kandang dilakukan lebih dari dua kali dalam sehari yaitu sebelum pemerahan pagi dan sore.
3. Kesehatan dan kebersihan sapi: kesehatan serta kebersihan sapi merupakan awal dimulainya produksi susu yang rendah bakteri. Hal tersebut meliputi pemberian makan, vaksin, dan kebersihan badan sapi itu sendiri. Semakin baik kualitas sapi maka susu perah yang dihasilkan akan semakin rendah bakteri sehingga kadar TPC dari produk akhir juga dapat lebih rendah (Singh, 2004).
4. Waktu Transportasi: susu adalah bahan pangan yang mudah rusak. Oleh karena itu, proses pemindahan susu harus dilakukan dengan cepat. Letak peternakan dan tempat pemrosesan susu harus berdekatan agar transportasi dapat berjalan dengan cepat. Selama proses transportasi susu harus dijaga dalam suhu yang rendah agar tidak terjadi pertumbuhan bakteri (Singh, 2004).
5. Kemasan penyimpanan: kemasan memiliki peran penting sebagai pelindung susu dari kontaminan luar. Semakin rapat kemasan maka semakin bagus bagi susu tersebut.

Berbagai jenis kemasan yang sering dipakai dalam proses produksi susu adalah kantong plastik, botol plastik dan kaca, serta *paper-board materials* (Singh, 2004).

6. Pasteurisasi: pasteurisasi adalah suatu perlakuan pemanasan terhadap semua partikel susu atau produk susu pada suhu sekurang-kurangnya 61°C dan dipertahankan pada suhu tersebut sekurang-kurangnya selama 30 menit atau minimum pada suhu 71°C selama 15 detik (Idris, 1992). Menurut Sunarlim dan Widaningrum (2005), susu yang dipanaskan secara pasteurisasi (log 4,398) maupun didih (log 4,235) ternyata berpengaruh nyata secara statistik ($P < 0,05$) memiliki TPC lebih rendah dibandingkan tanpa pemanasan yaitu log 5,243. Berikut adalah metode pasteurisasi yang umum digunakan dalam produksi susu.

Tabel 2.4

Macam-Macam Metode Pasteurisasi

Metode Pasteurisasi	Waktu
63°C, LTLT (<i>vat pasteurization</i>)	30 menit
72°C, HTST (<i>high temp, short time pasteurization</i>)	15 detik
89°C, (<i>higher heat shorter time</i>)	1.0 detik
90°C, (<i>higher heat shorter time</i>)	0.5 detik
94°C, (<i>higher heat shorter time</i>)	0.1 detik
100°C, (<i>higher heat shorter time</i>)	0.01 detik

Sumber: Singh (2014)

7. Penurunan suhu secara cepat: penurunan suhu secara cepat merupakan teknologi pengawetan pangan yang didasarkan pada pengambilan panas secara cepat dari bahan, sehingga suhu produk juga akan turun secara cepat. Penurunan suhu secara cepat akan menyebabkan penundaan seluruh perubahan yang dapat terjadi selama penyimpanan, sehingga reaksi biokimia dan perubahan akibat pertumbuhan mikroorganisme menjadi lambat dan menurun (Estiasih dan Ahmadi, 2009).
8. Proses penyimpanan: susu pasteurisasi setelah dikemas harus segera disimpan pada suhu rendah karena dapat mengurangi atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme secara hampir sempurna, sehingga memiliki waktu simpan yang lebih lama (Singh, 2014). Berikut adalah jumlah bakteri susu pada suhu dan rentang waktu tertentu.

Tabel 2.5

Perbedaan Jumlah Bakteri Susu pada Suhu yang Berbeda (cfu x 10³/ml)

Temperature (°C)	Fresh	24 Hr	48 Hr	72 Hr
4.4	4	4	5	8
10	4	15	125	6,000
15	4	16	33,000	326,000

Sumber: Singh (2014)

2.4 Kualitas

Kualitas seringkali ada dalam kehidupan sehari-hari. Kata kualitas mengandung banyak definisi dan makna, orang-orang kesulitan mendefinisikan kualitas dengan tepat karena belum ada definisi kualitas secara universal (Soejanto, 2009). Berikut adalah beberapa definisi kualitas menurut para ahli:

1. Juran (1951) mendefinisikan kualitas sebagai sesuatu yang tepat guna (*fitness for use*).
2. Crosby (1979) menyatakan kualitas sebagai sesuatu yang sesuai dengan kebutuhan (*conformance to requirements*).
3. Deming (1986) mengatakan bahwa kualitas harus berfokus pada kebutuhan pelanggan.
4. Taguchi dalam Soejanto (2009) menyebutkan bahwa kualitas adalah untuk menghasilkan produk dan jasa yang dapat memenuhi kebutuhan dan harapan konsumen berkaitan dengan umur produk atau jasa.

Walaupun pengertian dari para ahli tersebut berbeda-beda, akan tetapi terdapat beberapa persamaan mengenai definisi kualitas, yaitu (Lochner & Matar, 1990):

1. Kualitas adalah tingkat terpenuhinya kebutuhan pelanggan.
2. Kualitas tidak bersifat statis, karena kebutuhan pelanggan dapat berubah sewaktu-waktu.
3. Kualitas membutuhkan pengembangan produk atau jasa untuk memenuhi kebutuhan pelanggan (*quality of design*) serta pengembangan proses manufaktur untuk memenuhi spesifikasi dan standar yang telah ditentukan (*quality of conformance*).

2.5 Desain Eksperimen

Desain eksperimen adalah evaluasi secara serentak terhadap dua atau lebih faktor (parameter) terhadap kemampuannya untuk mempengaruhi rata-rata atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu (Soejanto, 2009).

2.5.1 Tujuan Desain Eksperimen

Menurut Soejanto (2009), tujuan desain eksperimen adalah untuk memahami bagaimana mengurangi dan mengendalikan variasi suatu produk atau proses, selanjutnya harus diambil keputusan yang berkaitan dengan parameter yang mempengaruhi performansi suatu produk atau proses. Tujuan pengembangan produk atau proses adalah untuk memperbaiki karakteristik performansi dari produk atau proses terhadap kebutuhan dan ekspektasi pelanggan. Dengan dilakukannya penyesuaian terhadap rata-rata dan mengurangi

variasi secara tepat, maka diharapkan kerugian atau kehilangan produk/proses dapat diminimalkan.

2.5.2 Macam Desain Eksperimen

Menurut Sudjana (1995), terdapat berbagai macam desain eksperimen yang dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan, antara lain:

1. Desain Acak Sempurna

Desain Acak Sempurna adalah desain dimana perlakuan dikenakan sepenuhnya secara acak kepada unit-unit eksperimen, atau sebaliknya. Sebagai contoh, untuk mengetahui usulan level faktor bahan untuk mencapai kuat tekan beton 50 Mpa. Eksperimen dilakukan dengan membandingkan variasi bahan beton normal dan beton *superplasticizer*.

2. Desain-desain Blok

Desain blok digunakan ketika suatu rancangan dapat menghasilkan suatu hasil yang bias atau baur. Desain eksperimen ini bertujuan untuk mengurangi terjadinya kekeliruan eksperimen. Dalam desain blok terdapat beberapa jenis desain eksperimen seperti Desain Blok Lengkap Acak (DBLA), Desain Blok Lengkap Acak dengan Subsampling, Desain Blok Acak dengan Data Hilang, dan Desain Blok Tak Lengkap Acak.

3. Desain Faktorial

Eksperimen faktorial adalah eksperimen yang semua (hampir semua) taraf sebuah faktor tertentu dikombinasikan atau disilangkan dengan semua (hampir semua) taraf tiap faktor lainnya yang ada dalam eksperimen tersebut. Dengan desain faktorial, maka setiap kemungkinan level kombinasi dari semua faktor akan diketahui. Contohnya, apabila terdapat a level dari faktor A dan b level dari faktor B maka replikasi percobaan akan dilakukan untuk setiap kombinasi ab.

2.6 Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan sebuah metode yang diciptakan oleh Genichi Taguchi yang merupakan seorang ahli kualitas dari Jepang. Metode ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan dengan menekan biaya serta meminimalkan sumber daya. Metode ini menjadikan produk/ proses bersifat kokoh (*robust*) terhadap faktor gangguan (*noise*), sehingga metode ini disebut juga *robust design* (Soejanto, 2009). Menurut Diaz & Phillips (1995) terdapat beberapa konsep dasar dari metode Taguchi, yaitu:

1. Kualitas dapat diartikan sebagai kerugian terhadap lingkungan.
2. Kerugian terhadap lingkungan memiliki hubungan fungsional dengan variasi pada setiap karakteristik penting produk dan dapat dikuantifikasikan dengan sebuah fungsi kerugian (*loss function*).
3. Karakteristik kualitas dapat diartikan sebagai sebuah nilai ideal yang ingin dicapai.
4. Pengembangan kualitas produk dapat dicapai dengan mengurangi variasi nilai ideal pada karakteristik performansi produk di setiap tingkat desain produk.
5. Sensitivitas dari efek perubahan faktor spesifik pada produk dapat diukur dengan statistik performansi yang dikenal dengan *signal to noise ratio*.
6. Kualitas dari produk akhir dihasilkan melalui rekayasa desain dan proses manufaktur.

2.6.1 Langkah-Langkah Metode Taguchi

Menurut Soejanto (2009), desain eksperimen Taguchi memiliki tiga tahap utama dalam penerapannya, yaitu:

1. Tahap Perencanaan

Tahap ini adalah tahap terpenting ketika akan melakukan desain eksperimen Taguchi. Dalam tahap ini akan terdapat informasi yang positif dan juga negatif, informasi yang positif merupakan indikasi tentang faktor-faktor dan level mana yang akan berpengaruh kepada peningkatan performansi produk/proses. Informasi yang negatif merupakan indikasi tentang faktor-faktor mana yang tidak berpengaruh terhadap peningkatan performansi produk/ proses. Dalam perencanaan eksperimen terdapat beberapa tahap yaitu:

- a. Perumusan masalah: langkah pertama adalah mendefinisikan masalah yang akan diselidiki. Perumusan masalah harus spesifik dan jelas secara teknis sehingga dapat dituangkan ke dalam eksperimen yang akan dilakukan.
- b. Tujuan eksperimen: tujuan yang melandasi eksperimen harus dapat menjawab pada perumusan masalah, dengan mencari sebab yang menjadi akibat pada masalah yang diamati.
- c. Penentuan variabel tak bebas: variabel tak bebas adalah variabel yang perubahannya tergantung pada variabel-variabel yang lain. Dalam eksperimen Taguchi variabel tak bebas adalah karakteristik kualitas yang terdiri dari tiga kategori, yaitu karakteristik yang dapat diukur (temperatur, dan berat), karakteristik atribut (jelek, retak, dan baik), karakteristik dinamik (perubahan getar, dan putaran mesin).

- d. Identifikasi variabel bebas: variabel bebas adalah variabel yang perubahannya tidak tergantung pada variabel lain. Beberapa metode dapat digunakan untuk mengidentifikasi variabel bebas seperti *brainstorming*, diskusi, *flowchart*, dan diagram Ishikawa.
 - e. Pemisahan faktor *robust* dan faktor *noise*: dalam metode Taguchi kedua faktor ini perlu diidentifikasi dengan jelas sebab pengaruh antara kedua faktor tersebut berbeda. Faktor *robust* atau kontrol adalah faktor yang nilainya dapat diatur atau dikendalikan, atau faktor yang nilainya ingin kita atur atau kendalikan. Faktor gangguan adalah faktor yang nilainya tidak bisa diatur atau dikendalikan.
 - f. Penentuan jumlah level dan nilai level faktor: pemilihan jumlah level digunakan untuk nilai ketelitian hasil eksperimen. Semakin banyak level yang diamati maka hasil desain eksperimen akan lebih teliti karena data yang diperoleh lebih banyak, tetapi jika level menggunakan jumlah pengamatan yang banyak maka akan berakibat pada kenaikan ongkos eksperimen.
 - g. Perhitungan derajat kebebasan: perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah minimum eksperimen yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati.
 - h. Pemilihan *Orthogonal Array* (OA): pemilihan OA yang sesuai tergantung dari nilai faktor dan interaksi yang diharapkan dari nilai level di setiap faktor. Penentuan ini akan mempengaruhi jumlah total derajat kebebasan yang nantinya berguna untuk menentukan jenis OA yang digunakan.
2. Tahap Pelaksanaan
- Tahap ini meliputi penentuan jumlah replikasi eksperimen dan randomisasi pelaksanaan eksperimen.
- a. Jumlah replikasi: replikasi adalah pengulangan kembali perlakuan yang sama dalam suatu percobaan dengan kondisi yang sama untuk memperoleh ketelitian yang lebih tinggi.
 - b. Randomisasi: memperkecil pengaruh faktor-faktor yang tidak terkendali atau tidak diinginkan.
3. Tahap Analisis
- Pada tahap analisis dilakukan pengumpulan dan pengolahan data yaitu meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan serta penyajian data dalam suatu *layout* tertentu yang sesuai dengan desain yang dipilih untuk suatu eksperimen yang dipilih.

- a. Analisis varians Taguchi: analisis varians adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis data yang telah disusun dalam perencanaan eksperimen secara statistika. Analisis varians untuk suatu matriks ortogonal dilakukan berdasarkan perhitungan jumlah kuadrat untuk masing-masing kolom.
 - b. Uji F: uji hipotesa F dilakukan dengan cara membandingkan variansi yang disebabkan masing-masing faktor dan variansi *error*. Variansi *error* adalah variansi setiap individu dalam pengamatan yang timbul karena faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan.
 - c. Strategi *pooling up*: strategi *pooling up* dirancang Taguchi untuk mengestimasi variansi *error* pada analisis varians. Strategi ini menguji efek F kolom terkecil terhadap yang lebih besar berikutnya untuk melihat kesignifikannya.
 - d. Rasio (S/N): rasio *Signal-to-Noise* digunakan untuk memilih faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variasi suatu respon. Penggunaan rasio S/N bertujuan untuk mengetahui level faktor mana yang berpengaruh pada hasil eksperimen.
4. Tahap interpretasi
- Dalam menganalisis hasil eksperimen, Taguchi menggunakan analisis varians, yaitu perhitungan jumlah kuadrat, S terhadap rata-rata, dan S faktor atau S *error*. Interpretasi yang digunakan adalah persen kontribusi dan interval kepercayaan.
- a. Persen kontribusi: merupakan porsi masing-masing faktor dan/ atau interaksi faktor yang signifikan terhadap total variansi yang diamati.
 - b. Interval kepercayaan: interval kepercayaan dalam eksperimen Taguchi dihitung dalam tiga kondisi yaitu interval kepercayaan untuk level faktor, interval kepercayaan pada kondisi perlakuan yang diprediksi, serta interval kepercayaan untuk memprediksi eksperimen konfirmasi.
5. Tahap eksperimen konfirmasi
- Eksperimen konfirmasi adalah percobaan yang dilakukan untuk memeriksa kesimpulan yang didapat. Eksperimen ini bertujuan untuk memverifikasi dugaan yang dibuat pada saat model performansi penentuan faktor dan interaksinya.

2.6.2 Klasifikasi Parameter

Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi kualitas suatu produk. Menurut Soejanto (2009) faktor-faktor tersebut adalah:

1. Faktor Gangguan

Faktor ini adalah faktor yang menyebabkan penyimpangan karakteristik kualitas dari targetnya. Faktor gangguan dapat menyebabkan pengaruh pada karakteristik kualitas secara tidak terduga dan sulit diprediksi. Faktor ini biasanya tidak menjadi sasaran penelitian, akan tetapi perlu dikendalikan dalam skala kecil untuk tujuan eksperimen.

2. Faktor Kontrol

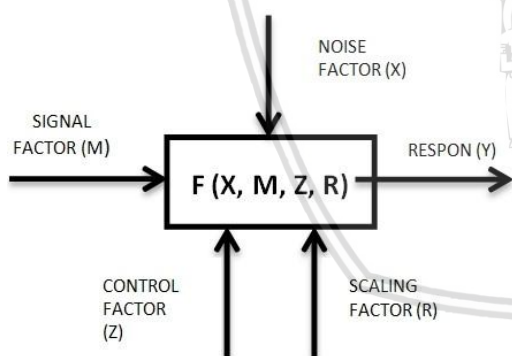
Faktor ini adalah faktor yang nilainya dapat ditentukan oleh ahli. Faktor kontrol dapat memiliki satu atau lebih nilai yang disebut dengan level. Pada akhir eksperimen, suatu level faktor kontrol yang sesuai dengan harapan akan dipilih. Contoh faktor kontrol yaitu jenis bahan, dan suhu penyimpanan.

3. Faktor Signal

Faktor signal merupakan faktor yang mengubah nilai-nilai karakteristik kualitas yang sebenarnya. Faktor ini tidak ditentukan oleh ahli, tetapi oleh konsumen berdasarkan hasil eksperimen yang diinginkan.

4. Faktor Skala

Faktor ini digunakan untuk mengubah rata-rata level karakteristik kualitas untuk mencapai hubungan fungsional yang diperlukan antara faktor signal dengan karakteristik kualitas.



Gambar 2.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas
Sumber: Belavendram (1995)

2.6.3 Orthogonal Array

Salah satu aspek dari metode Taguchi yang paling penting adalah penggunaan matriks yang disebut dengan *Orthogonal Array* (OA). Matriks ini telah digunakan secara luas di USA selama lebih dari 60 tahun, akan tetapi untuk metode Taguchi baru selama 15 tahun (Diaz & Phillips, 1995). Matriks ortogonal adalah suatu matriks yang disusun menurut baris dan kolom. Kolom berisi faktor yang dapat diubah pada eksperimen, sedangkan baris merupakan kombinasi level faktor-faktor tersebut (Soejanto, 2009). Menurut Soejanto

(2009), terdapat beberapa langkah dalam menentukan matriks ortogonal yang sesuai dengan eksperimen yang dilakukan, yaitu:

1. Definisikan jumlah faktor dan level dalam eksperimen

Tahap ini biasanya dilakukan oleh sebuah tim penelitian. Tim tersebut akan melakukan observasi terhadap parameter-parameter yang berpengaruh dalam eksperimen. Dari parameter tersebut, dilakukan penentuan jumlah level untuk setiap faktor.

2. Tentukan derajat kebebasan

Derajat kebebasan adalah ukuran seberapa besar eksperimen harus dilakukan dan berapa banyak informasi yang akan diperoleh dari eksperimen tersebut. Berikut adalah bentuk persamaan umum derajat kebebasan dalam menentukan jumlah eksperimen, faktor, level dan matriks:

$$V_{OA} = (\text{banyaknya eksperimen} - 1) \quad (2-1)$$

Sumber: Soejanto (2009)

$$V_{fl} = (\text{banyaknya level} - 1) \quad (2-2)$$

Sumber: Soejanto (2009)

$$\text{Total } V_{fl} = (\text{banyaknya faktor} - 1) \quad (2-3)$$

Sumber: Soejanto (2009)

3. Pilih matriks ortogonal

Dalam memilih matriks ortogonal yang tepat untuk sebuah eksperimen, dibutuhkan suatu persamaan dari matriks ortogonal yang dapat merepresentasikan jumlah faktor, level dan pengamatan yang sesuai. Berikut adalah bentuk umum dari matriks ortogonal menurut Soejanto (2009):

$$L_a (b^c) \quad (2-4)$$

Sumber: Soejanto (2009)

Keterangan:

L = Rancangan bujursangkar latin

a = Banyak baris/ eksperimen

b = Banyak level

c = Banyak kolom/ faktor

Pada Tabel 2.6 terdapat beberapa matriks ortogonal standar yang telah disediakan oleh Taguchi sesuai dengan eksperimen yang dibutuhkan.

Tabel 2.6
Matriks Ortogonal Standar

Matriks Ortogonal	Jumlah baris	Jumlah faktor maksimal	Jumlah kolom maksimal pada level ke-			
			2	3	4	5
L ₄	4	3	3	-	-	-
L ₈	8	7	7	-	-	-
L ₉	9	4	-	4	-	-
L ₁₂	12	11	11	-	-	-
L ₁₆	16	15	15	-	-	-
L ₁₆	16	5	-	-	5	-
L ₁₈	18	8	1	7	-	-
L ₂₅	25	6	-	-	-	6
L ₂₇	27	13	-	13	-	-
L ₃₂	32	31	31	-	-	-
L ₃₂	32	10	1	-	9	-
L ₃₆	36	23	11	12	-	-
L ₃₆	36	16	3	13	-	-
L ₅₀	50	12	1	-	-	11
L ₅₄	54	26	1	25	-	-
L ₆₄	64	63	63	-	-	-
L ₆₄	64	21	-	-	21	-
L ₈₁	81	40	-	40	-	-

Sumber: Diaz & Phillips (1995)

2.6.4 Analysis of Variance (ANOVA) untuk Data Variabel

ANOVA (*Analysis of Variance*) pertama kali diperkenalkan oleh Sir Ronald Fisher, yaitu seorang Ahli statistik *British* (Belavendram, 1995). ANOVA adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif memperkirakan kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon (Soejanto, 2009). Penggunaan ANOVA pada metode Taguchi adalah digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil eksperimen. Sedangkan untuk jenis data hasil pengukuran dapat dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance for Variabel Data*. Dalam perhitungan pengerjaannya adalah sebagai berikut:

1. Membuat tabel data variabel

Tabel 2.7
Tabel Data Variabel

E				Replikasi 1	Replikasi 2	Total
1							
2							
K							

Sumber: Belavendram (1995)

2. Menghitung Jumlah Kuadrat Total (ST), dengan persamaan (2-5):

$$SST = \sum y^2 \quad (2-5)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Keterangan: y adalah data pada setiap replikasi

3. Menghitung Jumlah kuadrat rata-rata (SS_{mean}), dengan persamaan (2-6):

$$SS_{mean} = n\bar{y}^2 \quad (2-6)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Keterangan: n adalah total seluruh data replikasi.

4. Menghitung Jumlah Kuadrat Faktor (SS_A , $SS_{B,dst}$)

Sebelum menghitung Jumlah Kuadrat Faktor, langkah awal yaitu membuat tabel respon untuk faktor. Tabel 2.8 berikut ini adalah *Response Table of Factor Effects*.

Tabel 2.8

Response Table of Factor Effects

Class		A	B	C	N
(I)	Level 1				
	Level 2				
	Level k				

Sumber: Belavendram (1995)

Selanjutnya menghitung Jumlah Kuadrat Faktor dengan persamaan (2-7):

$$SS_A = ((A1)^2 \times n1) + ((A2)^2 \times n2) + \dots + ((Ai)^2 \times ni) - SS \text{ Mean} \quad (2-7)$$

Sumber: Soejanto (2009)

5. Menghitung Jumlah Kuadrat Error (SE), dengan persamaan (2-8):

$$SSE = SST - SS_{mean} - SS_A - SS_B - SS_n \quad (2-8)$$

Sumber: Soejanto (2009)

6. Membuat Tabel ANOVA

7. Menghitung derajat Kebebasan Faktor, dengan persamaan (2-9):

$$V_A = (\text{number of levels} - 1) \quad (2-9)$$

Sumber: Belavendram (1995)

8. Menghitung Derajat Kebebasan Total, dengan persamaan (2-10):

$$v_r = (\text{number of experiment} - 1) \quad (2-10)$$

Sumber: Belavendram (1995)

9. Menghitung Rata-rata Jumlah Kuadrat (MS), dengan persamaan (2-11):

$$MS = \frac{SS}{v} \quad (2-11)$$

Sumber: Soejanto (2009)

Perhitungan Ms tidak dilakukan pada Jumlah kuadrat total pada tabel ANOVA.

10. Menghitung Rasio (F-Ratio), dengan persamaan (2-12):

$$F \text{ ratio} = \frac{Ms \text{ pada masing-masing faktor}}{MS \text{ Error}} \quad (2-12)$$

Sumber: Soejanto (2009)

11. Menghitung SS' pada masing-masing faktor dengan persamaan (2-13):

$$SSA' = SSA - (v_A \times MSA) \quad (2-13)$$

Sumber: Soejanto (2009)

12. Menghitung Rho% (Persentase Rasio Akhir) pada masing-masing faktor, dengan persamaan (2-14):

$$\text{Rho\% A} = \frac{SSA'}{SST} \quad (2-14)$$

Sumber: Soejanto (2009)

2.6.5 Signal to Noise Ratio (S/N Ratio)

Rasio (S/N) digunakan untuk mengukur efek dari faktor *noise* yang berdampak pada karakteristik performansi dari sebuah produk atau jasa (Diaz & Phillips, 1995). Dr. Taguchi membuat lebih dari 70 rasio akan tetapi hanya tiga yang sekarang dipakai secara luas termasuk dalam eksperimen Taguchi sendiri, yaitu:

1. *Smaller is better*: target nilai dari rasio ini adalah mendekati nol. Contoh, persentase kecacatan, keausan alat, kekasaran permukaan, dll.
2. *Larger is better*: target nilai dari rasio ini adalah memaksimalkan hasil setinggi mungkin. Contoh, kuat tekan, kuat tarik, kekuatan las, dll.
3. *Nominal is the best*: target nilai dari rasio ini adalah mendekati atau sama dengan nilai tertentu. Contoh, voltase, dll.

Metode Taguchi mengembangkan konsep *S/N Ratio* untuk eksperimen yang melibatkan banyak faktor dan eksperimen ini disebut dengan eksperimen faktor ganda. *S/N Ratio* diformulasikan sedemikian rupa agar peneliti selalu dapat memilih nilai level faktor terbesar untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas dari eksperimen. Tujuan dari *S/N Ratio* ini adalah untuk meminimalkan sensitivitas karakteristik kualitas terhadap faktor gangguan (Soejanto, 2009).

Karakteristik kualitas adalah hasil dari proses yang berkaitan dengan kualitas. Pada penelitian ini karakteristik dari rasio S/N yang digunakan yaitu *smaller the better*. Rasio S/N-*smaller the better* digunakan ketika karakteristik kualitas adalah kontinyu, non negatif dan dapat mengambil nilai dari nol sampai tak hingga. Nilai Rasio S/N untuk *smaller the better* yaitu:

$$\eta = -10 \log_{10}[\text{MSD}] \quad (2-15)$$

Sumber: Belavendram (1995)

$$\text{MSD (Mean Square Deviation)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y^2 \quad (2-16)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Keterangan:

n = Jumlah sampel (jumlah pengulangan eksperimen)

y = Nilai sampel (data pengamatan ke- i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$))

2.6.6 Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan merupakan nilai maksimum dan minimum dimana diharapkan nilai rata-rata sebenarnya akan tetap tercakup dengan beberapa presentase kepercayaan tertentu. Berikut ini interval kepercayaan untuk data variabel pada rata-rata yang diprediksi (*predicted mean*) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\mu_{predicted} = \bar{y} + (\text{faktor terpilih } 1 - \bar{y}) + \dots + (\text{faktor terpilih } n - \bar{y}) \quad (2-17)$$

Sumber: Belavendram (1995)

$$CI = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times MS_{pooled} \times \left[\frac{1}{n_{eff}} \right]} \quad (2-18)$$

$$n_{eff} = \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}} \quad (2-19)$$

Sumber: (Belavendram, 1995)

Keterangan:

$F_{\alpha, v1, v2}$ = Nilai F-ratio dari tabel

α = 0,05

$v1$ = Derajat kebebasan untuk pembilang yang berhubungan dengan suatu rata-rata.

$v2$ = Derajat kebebasan untuk penyebut yang berhubungan dengan variasi *pooled*.

MS_{polled} = Variansi *pooled error*

Berikut ini rumus interval kepercayaan pada tahap *predicted mean*.

$$\mu_{predicted} - CI \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI \quad (2-20)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Berikut ini adalah perhitungan *confidence interval – for a confirmation experiment*.

Perhitungan ini dilakukan setelah dilakukan uji konfirmasi.

$$CI = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times V_e \times \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]} \quad (2-21)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Keterangan:

$\frac{1}{r}$ = Jumlah replikasi yang dilakukan saat uji konfirmasi

Berikut ini rumus interval kepercayaan pada tahap uji konfirmasi.

$$\mu_{confirmation} - CI \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + CI \quad (2-22)$$

Sumber: Belavendram (1995)






2.6.7 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilaksanakan dengan melakukan suatu pengujian yang menggunakan kombinasi tertentu dari faktor-faktor dan level-level hasil evaluasi sebelumnya dengan tujuan untuk melakukan validasi terhadap kesimpulan yang diperoleh

selama tahap analisis (Soejanto, 2009). Pada percobaan ini, ukuran sampel yang digunakan lebih besar daripada percobaan sebelumnya. Berikut ini adalah penjelasan dari tujuan eksperimen konfirmasi yang berfungsi sebagai perbandingan nilai interval kepercayaan untuk kondisi optimal dan konfirmasi ditampilkan pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9

Perbandingan Interval Kepercayaan Untuk Kondisi Optimal dan Konfirmasi

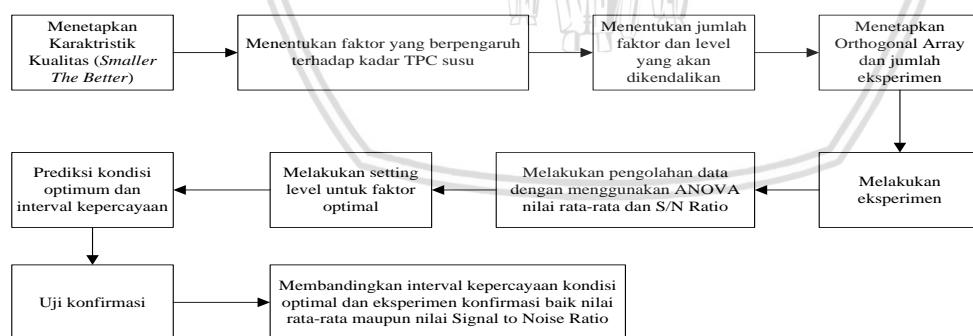
Kondisi	Perbandingan	Keterangan	Keputusan
A		<i>Predicted</i>	Diterima
		Konfirmasi	
B		<i>Predicted</i>	Diterima
		Konfirmasi	
C		<i>Predicted</i>	Ditolak
		Konfirmasi	

Sumber: Belavendram (1995)

Tabel 2.9 menjelaskan bahwa apabila garis antara kondisi optimal dan eksperimen konfirmasi berhimpitan (pada kondisi A dan B) maka eksperimen dapat diterima, sebaliknya apabila garis tersebut tidak berhimpitan maka eksperimen tidak dapat diterima atau harus dilakukan pengulangan eksperimen.

2.7 Alur Konsep Berfikir

Gambar 2.4 merupakan alur konsep berfikir dari penelitian yang akan dilakukan yaitu menggunakan eksperimen Taguchi untuk menentukan *setting level* optimal untuk menghasilkan kadar TPC susu sapi pasteurisasi terendah.



Gambar 2.4 Alur kerangka berfikir



BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu tahapan yang digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan yang akan dibahas di dalam di dalam suatu penelitian. Metode penelitian berfungsi arahan dalam menyelesaikan penelitian secara terstruktur.

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian eksperimen. Menurut Sugiyono (2009) metode penelitian eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan. Dalam hal ini, akan dilakukan percobaan secara langsung terhadap objek penelitian. Tujuan eksperimen adalah memahami cara untuk mengurangi dan mengendalikan variabilitas suatu produk atau proses lalu menentukan parameter-parameter yang mempengaruhi performansi suatu produk atau proses (Soejanto, 2009).

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan mengambil sampel susu dari peternak yang berada di daerah Malang dan Batu pada Bulan Oktober 2017 hingga Juli 2018. Setelah itu, susu akan diberi perlakuan sesuai faktor dan level terpilih. Eksperimen ini berlangsung di UMKM Susu Singosari. Sedangkan pengujian *Total Plate Count* (TPC) dilaksanakan di Laboratorium Pengendalian Mutu dan Keamanan Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Untuk mendukung penelitian yang akan dilakukan diperlukan alat dan bahan. Berikut merupakan alat dan bahan yang akan digunakan dalam eksperimen:

1. Alat

Alat-alat yang dibutuhkan dalam melakukan eksperimen ini adalah sebagai berikut.

- a. Termometer
- b. Mesin Perah
- c. Panci
- d. Kompor Gas

- e. Botol Plastik
- f. Sendok
- g. Corong Plastik
- h. *Vacuum Standing Pouch*
- i. *Sticky Label*
- j. Kulkas

2. Bahan

Berikut adalah bahan-bahan yang digunakan dalam eksperimen ini.

- a. Susu Sapi Mentah
- b. Air
- c. Es Batu

3.4 Langkah-Langkah Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan langkah-langkah sistematis. Berikut ini merupakan langkah- langkah dalam penelitian.

3.4.1 Tahap Pendahuluan

Tahap pendahuluan merupakan tahap awal eksperimen yang bertujuan untuk mengumpulkan data awal sebagai dasar penelitian. Berikut adalah beberapa metode yang dilakukan pada tahap pendahuluan.

1. Studi Lapangan

Studi lapangan merupakan metode pengumpulan data dengan melakukan pengamatan terhadap objek yang akan diteliti. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran yang jelas serta dapat mengetahui permasalahan yang terjadi pada objek tersebut. Berikut adalah beberapa cara yang digunakan dalam studi lapangan.

- a. Wawancara, yaitu melakukan diskusi dengan pihak UMKM Susu Singosari untuk mengetahui permasalahan terkait produksi susu sapi pasteurisasi serta faktor apa saja yang berpengaruh pada setiap proses produksi.
- b. Observasi, yaitu melakukan pengamatan langsung terhadap proses produksi susu sapi pasteurisasi di UMKM Susu Singosari.

2. Studi Pustaka

Studi Pustaka digunakan untuk mempelajari teori dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti. Sumber pustaka berasal dari

buku, jurnal, serta studi terhadap penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik utama dalam penelitian.

3.4.2 Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan meliputi identifikasi masalah, merumuskan masalah, dan menentukan tujuan eksperimen.

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam mengetahui dan memahami suatu persoalan di studi lapangan agar dapat diberikan solusi pada permasalahan proses produksi susu sapi pasteurisasi.

2. Perumusan Masalah

Merumuskan masalah sesuai dengan kenyataan yang ada di lapangan, apa saja faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kadar *Total Plate Count* (TPC) dari proses produksi susu sapi pasteurisasi serta *setting level* nya.

3. Penetapan Tujuan

Penetapan tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan. Tujuan penelitian ini kemudian digunakan sebagai ukuran tingkat keberhasilan penelitian.

3.4.3 Tahap Perancangan Desain Eksperimen

Berikut adalah langkah-langkah pada tahap perancangan desain eksperimen taguchi.

1. Penetapan karakteristik kualitas penelitian (*Smaller the Better*).
2. Identifikasi seluruh faktor berpengaruh terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi berdasarkan studi literatur, dan diskusi dengan pihak UMKM Susu Singosari serta beberapa akademisi dari Laboratorium Pengendalian Mutu dan Keamanan Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.
3. Penetapan faktor kontrol, *noise*, *signal*, dan skala. Setelah seluruh faktor berpengaruh ditetapkan maka langkah berikutnya adalah mengelompokkan faktor-faktor tersebut ke dalam faktor kontrol, *noise*, *signal*, dan skala.
4. Penetapan level masing-masing faktor. Penelitian ini menggunakan 2 level untuk masing-masing faktor kontrol. Hal ini dikarenakan sudah diketahui pengaruh faktor tertentu sehingga dengan 2 level sudah cukup untuk mendapatkan informasi yang diinginkan dari hasil eksperimen (Setyanto, 2017).
5. Penentuan derajat kebebasan. Tahap ini dilakukan untuk menentukan jumlah minimal

eksperimen yang harus dilakukan.

6. Penetapan *Orthogonal Array* yang akan digunakan dan jumlah replikasi. *Orthogonal Array* adalah matriks yang disusun menurut baris dan kolom. Kolom berisi faktor yang dapat diubah dalam eksperimen, sedangkan baris merupakan kombinasi level faktor-faktor tersebut.

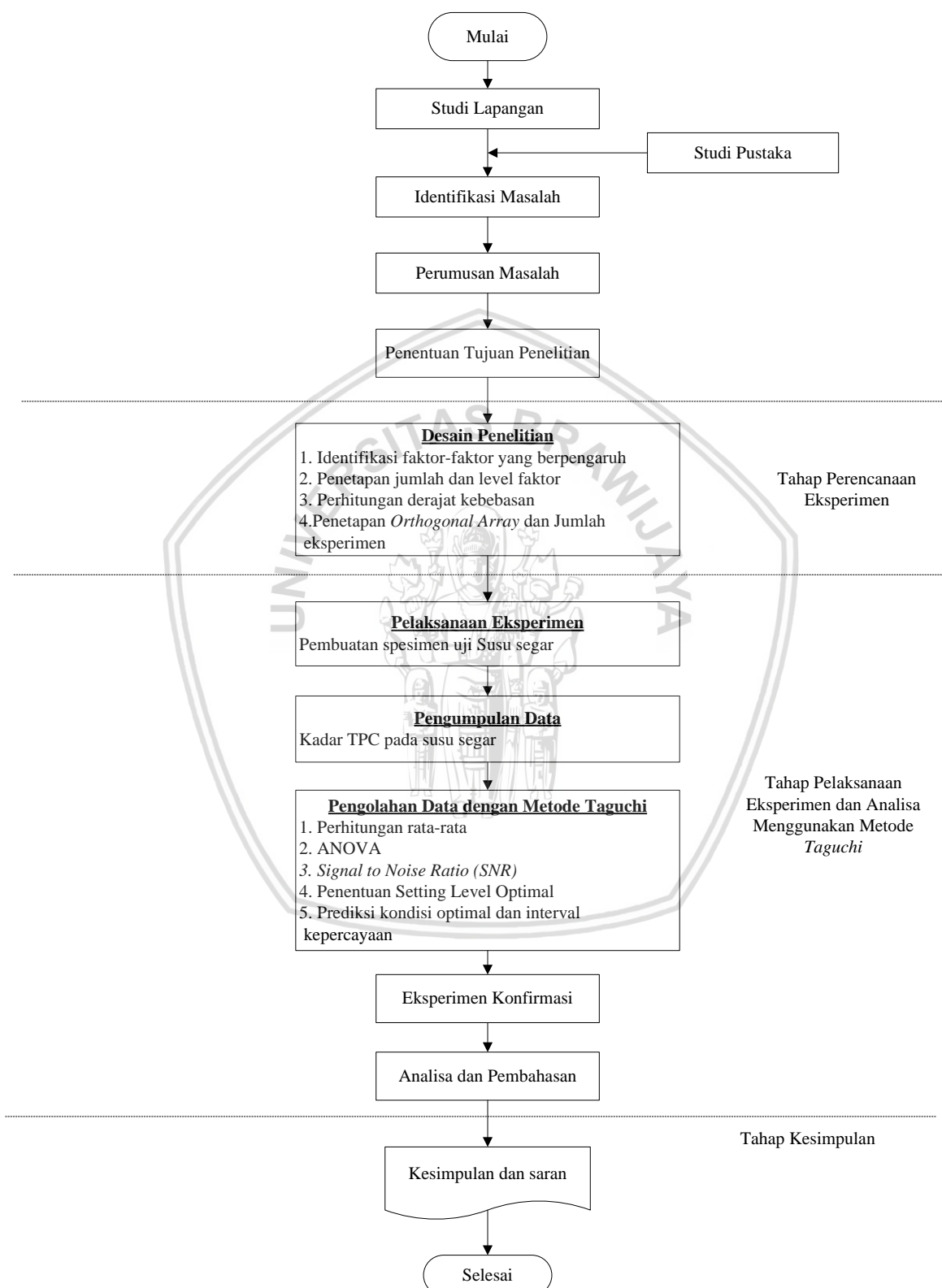
3.4.4 Tahap Pelaksanaan Eksperimen dan Analisis

Terdapat lima langkah dalam tahap ini yaitu:

1. Pelaksanaan eksperimen
2. Pengujian kadar *Total Plate Count* dari setiap sampel hasil eksperimen.
Pada eksperimen ini dilakukan pengujian kadar TPC yang bertempat di Laboratorium Pengendalian Mutu dan Keamanan Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.
3. Pengolahan data
 - a. Melakukan perhitungan rata-rata.
 - b. Menghitung dengan ANOVA *tools*.
 - c. Menghitung *Signal to Noise Ratio* (SNR). Perhitungan SNR untuk karakteristik kualitas *Smaller the Better* dapat dilihat pada rumus (2-15) dan (2-16).
 - d. Menentukan *setting level* yang optimal dari masing-masing faktor.
 - e. Memprediksi kondisi optimal dan menghitung interval kepercayaan. Perhitungan interval kepercayaan pada tahap *predicted mean* dapat dilihat pada rumus (2-20).
 - f. Melakukan eksperimen konfirmasi untuk memvalidasi hasil eksperimen taguchi dengan membandingkan nilai interval kepercayaan prediksi dan konfirmasi. Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan menggunakan *setting level* yang telah terpilih pada eksperimen Taguchi.
4. Analisis dan pembahasan
5. Kesimpulan dan saran

3.5 Diagram Alir Penelitian

Tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian digambarkan dalam diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas lebih lanjut mengenai rumusan masalah dan tujuan yang telah ditetapkan dengan melakukan eksperimen sehingga didapatkan data-data yang dibutuhkan. Data yang diperoleh akan diolah dengan menggunakan metode Taguchi agar diperoleh *setting level* optimal dari faktor-faktor yang mempengaruhi kadar *Total Plate Count* (TPC) susu sapi pasteurisasi di UMKM Susu Singosari.


4.1 Gambaran Pembuatan Susu Sapi Pasteurisasi








Pada latar belakang masalah telah dijelaskan bahwa susu sapi pasteurisasi yang dijadikan objek penelitian berada di UMKM Susu Singosari yang berlokasi di daerah Singosari, Malang. UMKM Susu Singosari merupakan salah satu UMKM yang bergerak di bidang pengolahan susu sapi. Beberapa produk hasil olahan susu yang diproduksi oleh UMKM Susu Singosari diantaranya adalah susu sapi pasteurisasi dan yoghurt. Kapasitas produksi di UMKM Susu Singosari adalah sebesar 15 liter susu per hari. Proses pembuatan susu pasteurisasi di UMKM Susu Singosari masih menggunakan proses serta alat-alat sederhana. Berikut adalah proses pembuatan susu sapi pasteurisasi di UMKM Susu Singosari dari mulai kedatangan bahan baku sampai pengemasan.

4.2 Bahan Baku dan Alat Pembuatan Susu Sapi Pasteurisasi

Bahan baku pembuatan susu sapi pasteurisasi pada eksperimen ini adalah susu yang diperoleh langsung dari peternak, serta air dan es batu yang digunakan pada faktor proses pendinginan dengan percepatan. Adapun alat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1
Peralatan Proses Produksi Susu Sapi Pasteurisasi

No.	Alat	Gambar	Keterangan
1.	Termometer		Termometer berfungsi untuk mengukur suhu saat proses pasteurisasi dan pendinginan

No.	Alat	Gambar	Keterangan
2.	Panci		Panci digunakan sebagai wadah susu saat proses pasteurisasi dan pendinginan
3.	Kompor Gas		Kompor gas digunakan sebagai media pemanas pada saat proses pasteurisasi
4.	Botol Plastik		Botol plastik digunakan sebagai kemasan akhir produk susu pasteurisasi
5.	<i>Vacuum Standing Pouch</i>		<i>Vacuum Standing Pouch</i> digunakan sebagai kemasan akhir produk susu pasteurisasi
6.	Sendok		Sendok berfungsi untuk mengaduk susu saat proses pasteurisasi
7.	Corong Plastik		Corong plastik digunakan sebagai media pembantu dalam penuangan susu ke dalam kemasan agar tidak tumpah
8.	<i>Sticky Label</i>		<i>Sticky label</i> digunakan untuk menandai sampel eksperimen




No.	Alat	Gambar	Keterangan
9.	Kulkas		Kulkas berfungsi sebagai media penyimpanan susu sapi pasteurisasi
10.	Mesin Perah		Mesin perah berfungsi sebagai alat perah susu sapi

4.3 Proses Pembuatan Susu Sapi Pasteurisasi

Berikut merupakan Tabel 4.2 yang menjelaskan mengenai tahap-tahap dalam produksi susu sapi pasteurisasi.

Tabel 4.2

Proses Pembuatan Susu Sapi Pasteurisasi

No.	Proses Produksi	Keterangan
1.		Proses pasteurisasi bahan baku menggunakan kompor gas sesuai suhu dan waktu yang ditentukan. Setelah proses pasteurisasi selesai susu akan didinginkan hingga mencapai suhu 40°C.
2.		Proses penuangan susu ke dalam kemasan menggunakan corong plastik.
3.		Penyimpanan susu sapi pasteurisasi dalam kulkas dengan suhu dan waktu yang sudah ditentukan.

4.4 Penetapan Karakteristik Kualitas

Penetapan karakteristik kualitas yang digunakan adalah *Smaller the Better* (STB), hal tersebut berdasarkan standar maksimal kadar TPC yang boleh terdapat pada susu sapi yaitu sebesar 1×10^6 cfu/ml sehingga semakin rendah kadar TPC maka kualitas susu akan semakin

bagus. Karakteristik susu sapi pasteurisasi yang diamati adalah kadar TPC terendah dengan menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI 3141.1:2011).

4.5 Identifikasi Faktor-Faktor (Variabel Bebas)

Pada tahap identifikasi faktor, akan dikumpulkan berbagai faktor yang dianggap memiliki pengaruh dalam penurunan kadar TPC susu sapi pasteurisasi pada proses produksi UMKM susu singosari. Tidak semua faktor nantinya digunakan dalam penelitian, faktor-faktor yang dipilih adalah faktor yang dianggap berpengaruh secara signifikan berdasarkan hasil studi literatur dari penelitian-penelitian terdahulu, serta diskusi dengan pihak akademisi dari Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya dan pembuat susu sapi pasteurisasi yang dalam penelitian kali ini adalah UMKM susu singosari. Berikut ini merupakan faktor-faktor yang dianggap berpengaruh seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3
Identifikasi Faktor yang Dianggap Berpengaruh

No.	Faktor	Sumber
1.	Alat dan proses pemerahan	Singh (2014)
2.	Kebersihan kandang sapi	Cahyono et al. (2013)
3.	Kesehatan dan kebersihan sapi	Singh (2014)
4.	Waktu transportasi	Singh (2014)
5.	Kemasan penyimpanan	Singh (2014)
6.	Proses pasteurisasi	Sunarlim dan Widaningrum (2015)
7.	Penurunan suhu secara cepat	Estiasih dan Ahmadi (2009)
8.	Proses penyimpanan	Ningrum (2005)

4.6 Penetapan Faktor Berpengaruh

Berdasarkan identifikasi faktor yang dianggap berpengaruh seperti yang terdapat pada Tabel 4.3, berikut ini adalah pengelompokan faktor kontrol dan faktor *noise* beserta faktor *signal* dan skala dalam penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4
Pengelompokan Faktor

Jenis Faktor	Faktor
Kontrol	Alat perah sapi
	Suhu pasteurisasi
	Waktu pasteurisasi
	Proses pendinginan
	Kemasan penyimpanan
	Suhu penyimpanan
	Waktu penyimpanan
Noise	Waktu transportasi
	Kebersihan kandang sapi
	Kesehatan dan kebersihan sapi
Signal	Kadar TPC Susu Mentah
Skala	Suhu dan waktu pasteurisasi
	Suhu dan waktu penyimpanan

Berdasarkan penentuan faktor kontrol dan *noise* seperti yang terdapat pada Tabel 4.4, diputuskan bahwa 7 faktor kontrol akan digunakan dalam penelitian yaitu alat perah sapi, suhu dan waktu pasteurisasi, proses pendinginan, kemasan penyimpanan, serta suhu dan waktu penyimpanan. Berikut ini merupakan penjelasan dari penentuan faktor kontrol yang dipilih pada penelitian dan faktor *noise*.

1. Alat perah sapi dipilih karena alat perah merupakan benda pertama yang bersentuhan langsung dengan susu sapi pada proses pemerahan. Oleh karena itu faktor ini dapat berpengaruh pada kadar TPC bahan baku susu mentah yang nantinya juga akan berpengaruh pada kadar TPC susu sapi pasteurisasi.
2. Suhu dan waktu pasteurisasi dipilih berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sunarlim dan Widaningrum (2015) yang menunjukkan bahwa terdapat pengaruh proses pasteurisasi terhadap kadar TPC susu sapi.
3. Proses pendinginan dipilih karena terdapat pengaruh penurunan suhu secara cepat terhadap kadar bakteri susu. Proses pendinginan merupakan proses penurunan suhu susu setelah melalui proses pasteurisasi sebelum dikemas.
4. Kemasan penyimpanan dipilih karena kemasan merupakan pelindung utama susu dari kontaminan luar. Semakin rapat suatu kemasan maka akan semakin baik untuk susu. Selain itu, kemasan juga melindungi susu dari kontaminasi cahaya seperti sinar matahari atau sumber cahaya dengan intensitas tinggi lainnya yang dapat merusak kandungan lemak pada susu.
5. Suhu dan waktu penyimpanan dipilih karena merupakan proses penting untuk menjaga kadar bakteri susu setelah dikemas. Penyimpanan yang baik dapat mengurangi atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme.
6. Waktu transportasi termasuk ke dalam faktor *noise* dikarenakan tidak dapat dikendalikan secara presisi. Dalam penelitian ini, waktu transportasi diusahakan secepat mungkin agar seminimal mungkin tidak ada celah untuk kontaminasi bakteri.
7. Kebersihan kandang sapi dan kesehatan sapi termasuk ke dalam faktor *noise* dikarenakan peneliti tidak dapat mengontrol kebersihan kandang serta kesehatan sapi. Selain itu peneliti juga lebih berfokus ke proses produksi dari susu sapi pasteurisasi. Dalam penelitian ini, bahan baku yang digunakan berasal dari peternakan yang sudah memiliki standar yang baik dalam proses pemerahan.

Untuk penetapan level dalam tiap faktor didapatkan dari hasil studi literatur dan diskusi dengan pihak akademisi dari Fakultas Teknologi Pertanian, Fakultas Peternakan serta

UMKM Susu Singosari sendiri. Tabel 4.5 berikut adalah penetapan level faktor yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 4.5

Penetapan Level Faktor yang Digunakan dalam Penelitian

Kode	Faktor	Level Faktor	
		1	2
A	Alat Perah Sapi	Menggunakan Tangan	Menggunakan Mesin Perah
B	Suhu Pasteurisasi	75°C	72°C
C	Waktu Pasteurisasi	30 detik	15 detik
D	Proses Pendinginan	Dengan Percepatan	Dengan Suhu Ruang
E	Kemasan Penyimpanan	Botol Plastik Sterilisasi	<i>Vacuum Standing Pouch</i>
F	Suhu Penyimpanan	10°C	0°C
G	Waktu Penyimpanan	3 Hari	2 Hari

Berikut adalah penjelasan mengenai pemilihan level yang digunakan pada setiap faktor.

1. Alat Perah Sapi

Dalam penelitian ini, peneliti ingin membandingkan metode pemerahan sederhana menggunakan tangan dengan metode yang lebih modern menggunakan mesin perah dari peternakan yang sama. Hal ini dikarenakan penggunaan mesin perah dapat meminimalisir kadar bakteri di tingkat bahan baku.

2. Suhu Pasteurisasi

Metode pasteurisasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *High Temperature Short Time* (HTST). Hal ini dikarenakan metode ini adalah metode pasteurisasi yang paling sesuai dengan peralatan yang sederhana. Level yang dipilih adalah 75°C yang didapatkan dari salah satu penelitian terdahulu (Sufyanhadi, 2012). Sedangkan level 72°C dipilih sebagai pembanding dikarenakan suhu tersebut merupakan batas bawah dari metode HTST.

3. Waktu Pasteurisasi

Sama seperti suhu pasteurisasi, level dari waktu pasteurisasi juga didapatkan berdasarkan penelitian terdahulu (30 detik) dan batas bawah dari metode HTST (15 detik).

4. Proses Pendinginan

Proses pendinginan di UMKM Susu Singosari memakan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu untuk mempercepat proses pendinginan dipilih level dengan percepatan berupa perendaman pada air dan es batu. Level proses pendinginan tidak ditentukan berupa waktu proses dikarenakan tidak dapat dikontrol secara presisi.

5. Kemasan Penyimpanan

Level kemasan penyimpanan membandingkan kemasan yang sudah digunakan (botol plastik) dengan kemasan lain yang lebih rapat (*vacuum standing pouch*). Hal ini karena semakin rapat kemasan maka ruang tumbuh bakteri akan semakin kecil.

6. Suhu Penyimpanan

Level suhu penyimpanan membandingkan suhu yang selama ini dipakai oleh UMKM Susu Singosari (10°C) dengan suhu beku (0°C). Hal ini dikarenakan menurut beberapa sumber suhu yang paling baik dalam menyimpan susu adalah pada suhu beku 0°C.

7. Waktu Penyimpanan

Level waktu penyimpanan menggunakan waktu penyimpanan yang selama ini dipakai di UMKM Susu Singosari yaitu berkisar antara 2-3 hari.

4.7 Penetapan *Orthogonal Array*

Matriks *orthogonal* yaitu suatu matriks yang elemen-elemennya disusun menurut baris yang merupakan kombinasi level dari dalam eksperimen, dan kolom yang merupakan yang dapat diubah dalam eksperimen (Soejanto, 2009). Sebelum mendapatkan desain *orthogonal array* yang sesuai maka diperlukan nilai *degree of freedom* dari masing-masing dalam eksperimen. Tabel 4.6 berikut adalah perhitungan *degree of freedom* untuk faktor yang berpengaruh.

Tabel 4.6
Perhitungan *Degree of Freedom*

Kode	Faktor	Df
A	Alat Perah Sapi	(2-1)
B	Suhu Pasteurisasi	(2-1)
C	Waktu Pasteurisasi	(2-1)
D	Proses Pendinginan	(2-1)
E	Kemasan Penyimpanan	(2-1)
F	Suhu Penyimpanan	(2-1)
G	Waktu Penyimpanan	(2-1)
Total		7

Derajat bebas = jumlah faktor x (banyak level -1)

$$= 7 \times (2 - 1)$$

$$= 7$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa jumlah derajat bebas dari faktor penelitian ini adalah 7, sehingga seharusnya *orthogonal array* yang digunakan adalah $L_7(2^7)$. Pada eksperimen *Taguchi* dengan 2 level, *orthogonal array* yang tersedia diantaranya adalah $L_4(2^3)$, $L_8(2^7)$, $L_{12}(2^{11})$ dan seterusnya. Dikarenakan matriks $L_7(2^7)$ tidak tersedia pada eksperimen *Taguchi*, maka *orthogonal array* yang digunakan pada penelitian

ini adalah $L_8(2^7)$. Tabel 4.7 berikut ini merupakan *orthogonal array* $L_8(2^7)$ yang digunakan pada penelitian.

Tabel 4.7

Orthogonal Array $L_8(2^7)$

Exp	Faktor dan Level						
	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Jumlah eksperimen yang harus dibuat dengan *Orthogonal Array* $L_8(2^7)$ adalah 8 kali eksperimen dan setiap eksperimen dilakukan replikasi sebanyak 3 kali, sehingga total keseluruhan data berjumlah 24 sampel.

4.8 Penugasan Pada *Orthogonal Array*

Tahap selanjutnya adalah penugasan pada *orthogonal array* pada penelitian. Tabel 4.8 berikut merupakan penugasan pada *orthogonal array* yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 4.8

Penugasan pada *Orthogonal Array*

Exp	Faktor dan Level						
	(Alat Perah Sapi) A	(Suhu Pasteurisasi) B	(Waktu Pasteurisasi) C	(Proses Pendinginan) D	(Kemasan Penyimpanan) E	(Suhu Penyimpanan) F	(Waktu Penyimpanan) G
1	Tangan	75°C	30 detik	Dengan Percepatan	Botol Plastik	10°C	3 Hari
2	Tangan	75°C	30 detik	Dengan Suhu Ruang	Vacuum Standing Pouch	0°C	2 Hari
3	Tangan	72°C	15 detik	Dengan Percepatan	Botol Plastik	0°C	2 Hari
4	Tangan	72°C	15 detik	Dengan Suhu Ruang	Vacuum Standing Pouch	10°C	3 Hari
5	Mesin Perah	75°C	15 detik	Dengan Percepatan	Vacuum Standing Pouch	10°C	2 Hari
6	Mesin Perah	75°C	15 detik	Dengan Suhu Ruang	Botol Plastik	0°C	3 Hari
7	Mesin Perah	72°C	30 detik	Dengan Percepatan	Vacuum Standing Pouch	0°C	3 Hari
8	Mesin Perah	72°C	30 detik	Dengan Suhu Ruang	Botol Plastik	10°C	2 Hari

4.9 Pelaksanaan Eksperimen Taguchi

Dalam melaksanakan eksperimen Taguchi, dilakukan pembuatan susu sapi pasteurisasi berdasarkan perlakuan faktor dan level untuk setiap eksperimen.

4.9.1 Pengumpulan Data Eksperimen

Pada eksperimen ini akan dilakukan proses produksi susu sapi pasteurisasi berdasarkan pada kombinasi faktor dan level yang telah ditentukan. Banyaknya eksperimen yang dilakukan adalah sebanyak 24 eksperimen karena disesuaikan dengan *orthogonal array* yang digunakan yaitu $L_8 (2^7)$ dengan 3 replikasi. Eksperimen yang dilakukan bertujuan untuk meningkatkan kualitas susu sapi pasteurisasi dengan menguji kadar *Total Plate Count* (TPC). Karakteristik kualitas yang digunakan adalah *smaller the better*.

Susu sapi pasteurisasi hasil eksperimen taguchi selanjutnya dibawa ke Laboratorium Pengendalian Mutu dan Keamanan Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya untuk dilakukan pengukuran kadar *Total Plate Count* (TPC). Tabel 4.9 berikut merupakan data yang menunjukkan hasil pengukuran kadar *Total Plate Count* (TPC).

Tabel 4.9

Hasil Data Eksperimen Taguchi (cfu/ml)

Eksp.	Faktor dan Level							Replikasi			Rata-rata
	A	B	C	D	E	F	G	R1	R2	R3	
1	1	1	1	1	1	1	1	130	140	100	123,33
2	1	1	1	2	2	2	2	540	240	180	320,00
3	1	2	2	1	1	2	2	140	100	230	156,67
4	1	2	2	2	2	1	1	920	900	990	936,67
5	2	1	2	1	2	1	2	220	150	90	153,33
6	2	1	2	2	1	2	1	150	210	120	160,00
7	2	2	1	1	2	2	1	270	270	210	250,00
8	2	2	1	2	1	1	2	330	380	100	270,00

4.9.2 Pengolahan Data Eksperimen

Berikut adalah pengolahan data eksperimen taguchi yang meliputi perhitungan ANOVA rata-rata, *signal to noise ratio* (SNR), penentuan *setting* level optimal, perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan, serta eksperimen konfirmasi.

4.9.2.1 Perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) Nilai Rata-rata

Analysis of Variance (ANOVA) merupakan metode yang digunakan untuk menentukan *setting* level optimal dalam meminimalkan penyimpangan variansi. Analisis variansi merupakan teknik perhitungan secara kuantitatif untuk menentukan dan memperkirakan

kontribusi pada faktor-faktor dalam semua respon pengukuran (Soejanto, 2009). Perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata dilakukan untuk dapat mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan maupun tidak dalam pembuatan susu sapi pasteurisasi. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk data variabel.

1. Mengolah data rata-rata kadar TPC susu sapi pasteurisasi pada hasil eksperimen seperti yang terdapat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10

Hasil Pengukuran Uji Nilai Rata-rata Susu Sapi Pasteurisasi (cfu/ml)

Eksp.	Faktor dan Level							Replikasi			Rata-Rata
	A	B	C	D	E	F	G	R1	R2	R3	
1	1	1	1	1	1	1	1	130	140	100	123,33
2	1	1	1	2	2	2	2	540	240	180	320,00
3	1	2	2	1	1	2	2	140	100	230	156,67
4	1	2	2	2	2	1	1	920	900	990	936,67
5	2	1	2	1	2	1	2	220	150	90	153,33
6	2	1	2	2	1	2	1	150	210	120	160,00
7	2	2	1	1	2	2	1	270	270	210	250,00
8	2	2	1	2	1	1	2	330	380	100	270,00

2. Setelah mengolah data rata-rata selanjutnya adalah membuat tabel respon. Contoh perhitungan pada tabel respon untuk faktor A sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{A level pertama } (\overline{A1}) &= \frac{\sum \text{rata-rata level 1 pada faktor A}}{4} \\
 &= \frac{(123,33+320+156,67+936,67)}{4} \\
 &= 384,17
 \end{aligned}$$

Tabel respon berfungsi untuk menghitung perbedaan nilai rata-rata respon antar level suatu faktor dengan cara mengurutkan perbedaan level yang memiliki nilai terbesar sampai nilai terkecil. Pemilihan nilai terbaik didasarkan pada karakteristik kualitas yang digunakan yaitu *smaller the better* yang artinya bahwa semakin rendah nilainya maka akan semakin baik. Selanjutnya untuk hasil perhitungan tabel respon dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11

Hasil Perhitungan Tabel Respon

Faktor	A	B	C	D	E	F	G
Level							
1	384,17	189,17	240,83	170,83	177,50	370,83	367,50
2	208,33	403,33	351,67	421,67	415,00	221,67	225,00
Diff	175,83	214,17	110,83	250,83	237,50	149,17	142,50
Rank	4	3	7	1	2	5	6

Dari perhitungan Tabel 4.11, didapatkan salah satu level dari masing-masing faktor yang sesuai dengan karakteristik kualitas yaitu A level 2 (mesin perah), B level 1 (suhu pasteurisasi: 75°C), C level 1 (waktu pasteurisasi: 30 detik), D level 1 (proses pendinginan: dengan percepatan), E level 1 (kemasan: botol plastik), F level 2 (suhu penyimpanan: 0°C) dan G level 2 (waktu penyimpanan: 2 hari).

3. Perhitungan data ANOVA untuk rata-rata

- a. Perhitungan Jumlah Kuadrat Total atau *Sum of Square* (SS total) dengan menggunakan rumus (2-5).

$$SS_{total} = \sum y^2$$

$$SS_{total} = 130^2 + 140^2 + 100^2 + \dots + 330^2 + 380^2 + 100^2$$

$$SS_{total} = 3.760.300$$

- b. Perhitungan Jumlah Kuadrat karena Rata-Rata atau *Sum of Square due to mean* (SS_{mean}) dengan menggunakan rumus (2-6).

$$SS_{mean} = n\bar{y}^2$$

$$\begin{aligned} n &= \text{Jumlah eksperimen} \times \text{jumlah replikasi} \\ &= 8 \times 3 = 24 \end{aligned}$$

$$\bar{y} = \frac{\text{total}}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{130+140+100+\dots+330+380+100}{24}$$

$$\bar{y} = 296,25$$

$$SS_{mean} = 24 \times (296,25^2)$$

$$SS_{mean} = 2.106.337,5$$

- c. Menghitung jumlah kuadrat karena faktor atau *Sum of Square due to Factors* (SS_A), dengan menggunakan rumus (2-7). Untuk contoh perhitungan *Sum of Square due to Factor A* sebagai berikut.

$$SS_A = ((\bar{A1})^2 \times n1) + ((\bar{A2})^2 \times n2) - SS_{mean}$$

$$SS_A = (384,17^2 \times 12) + (208,33^2 \times 12) - 2.106.337,5$$

$$SS_A = 185.504,17$$

Perhitungan untuk faktor yang lain (B, C, D, E, F, G) sama seperti perhitungan untuk SS_A

- d. Menghitung jumlah kuadrat karena *error* atau *Sum of Square due to error* (SS_e) dengan menggunakan rumus (2-8).

$$SS_e = SS_{total} - SS_{mean} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D - SS_E - SS_F - SS_G$$

$$SS_e = 3.760.300 - 2.106.337,5 - 185.504,17 - 275.204,17 - 73.704,17 - 377.504,17 - 338.437,5 - 133.504,17 - 121.837,5 = 148.266,67$$

$$SS_e = 148.266,67$$

e. Menentukan hipotesis awal

- 1) H_0 : Tidak ada pengaruh A terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
 H_1 : Ada pengaruh A terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
- 2) H_0 : Tidak ada pengaruh B terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
 H_1 : Ada pengaruh B terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
- 3) H_0 : Tidak ada pengaruh C terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
 H_1 : Ada pengaruh C terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
- 4) H_0 : Tidak ada pengaruh D terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
 H_1 : Ada pengaruh D terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
- 5) H_0 : Tidak ada pengaruh E terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
 H_1 : Ada pengaruh E terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
- 6) H_0 : Tidak ada pengaruh F terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
 H_1 : Ada pengaruh F terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
- 7) H_0 : Tidak ada pengaruh G terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
 H_1 : Ada pengaruh G terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi

f. Membuat tabel ANOVA untuk nilai rata-rata

Menentukan derajat kebebasan, misal untuk faktor A dengan menggunakan rumus (2-9), sebagai berikut.

$$DF_A = (\text{number of levels} - 1)$$

$$DF_A = (2 - 1) = 1$$

Perhitungan yang sama berlaku juga untuk derajat kebebasan faktor B, C, D, E, F, dan G.

g. Menghitung derajat kebebasan total dengan menggunakan rumus (2-10).

$$DF_T = (\text{number of experiment} - 1)$$

$$DF_T = (24 - 1) = 23$$

Untuk perhitungan derajat kebebasan *error* sebagai berikut.

$$DF_e = DF_T - (DF_B + DF_C + DF_D + DF_E + DF_F + DF_A + DF_G)$$

$$DF_e = 23 - (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)$$

$$DF_e = 16$$

h. Menghitung *Mean Sum of Square* atau rata-rata jumlah kuadrat dengan menggunakan rumus (2-11), misal perhitungan untuk faktor A sebagai berikut.

$$MS_A = \frac{SS_A}{DF_A}$$

$$MS_A = \frac{185.504,17}{1} = 185.504,17$$

Perhitungan yang sama berlaku juga untuk menentukan MS_B , MS_C , MS_D , MS_E , MS_F , dan MS_G .

- i. Menghitung nilai rasio (F-ratio) dengan menggunakan rumus (2-12), contoh untuk perhitungan F-ratio pada A sebagai berikut.

$$F_A = \frac{MS_A}{MS_e}$$

$$MS_e = \frac{SS_e}{DF_e} = \frac{148.266,67}{16} = 9266,67$$

$$F_A = \frac{185.504,17}{9266,67} = 20,02$$

Perhitungan yang sama berlaku untuk menghitung F-ratio pada B, C, D, E, F, dan G.

- j. Menghitung *pure sum of square* pada masing-masing (SS') dengan menggunakan rumus (2-13). Berikut ini merupakan contoh perhitungan *pure sum of square* dari faktor A yang juga berlaku untuk menghitung *pure sum of square* faktor B, C, D, E, F, dan G.

$$SS = SS - (DF_x MS_e)$$

$$SS'_A = SS_A - (DF_A \times MS_e)$$

$$SS'_A = 185.504,17 - (1 \times 9266,67) = 176.237,5$$

Sedangkan untuk perhitungan SS'_e sebagai berikut.

$$SS'_e = SS_T - (SS'_A + SS'_B + SS'_C + SS'_D + SS'_E + SS'_F + SS'_G)$$

$$SS_T = (SS_A + SS_B + SS_C + SS_D + SS_E + SS_F + SS_G) + SS_e$$

$$SS_T = (185.504,17 + 275.204,17 + 73.704,17 + 377.504,17 + 338.437,5 + 133.504,17 + 121.837,5) + 148.266,67$$

$$SS_T = 1.653.962,5$$

$$SS'_e = 1.653.962,5 - (176.237,5 + 265.937,5 + 64.437,5 + 368.237,5 + 329.170,83 + 124.237,5 + 112.570,83)$$

$$SS'_e = 213.133,33$$

- k. Menghitung *percent contribution* (Rho%) pada masing-masing faktor dengan menggunakan rumus (2-14). Contoh untuk perhitungan Rho% faktor A sebagai berikut.

$$\text{Rho \% A} = \frac{SS'_A}{SS_T} \times 100 \%$$

$$\text{Rho \% A} = \frac{176.237,5}{1.653.962,5} \times 100 \%$$

$$\text{Rho \% A} = 10,66 \%$$

Perhitungan yang sama berlaku untuk menghitung nilai *Rho%* pada faktor B, C, D, E, F, dan G.

4. Tabel *Analysis of Variance* (ANOVA) nilai rata-rata

Tabel 4.12 merupakan hasil perhitungan ANOVA untuk nilai rata-rata dari hasil eksperimen.

Tabel 4.12

Analysis Of Variance Nilai Rata-Rata

Sumber	SS	DF	MS	F _{ratio}	SS'	Ratio%	F tabel 0.05 (1;16)
A	185.504,17	1,00	185.504,17	20,02	176.237,50	10,66	4,49
B	275.204,17	1,00	275.204,17	29,70	265.937,50	16,08	4,49
C	73.704,17	1,00	73.704,17	7,95	64.437,50	3,90	4,49
D	377.504,17	1,00	377.504,17	40,74	368.237,50	22,26	4,49
E	338.437,50	1,00	338.437,50	36,52	329.170,83	19,90	4,49
F	133.504,17	1,00	133.504,17	14,41	124.237,50	7,51	4,49
G	121.837,50	1,00	121.837,50	13,15	112.570,83	6,81	4,49
Error	148.266,67	16,00	9.266,67	1,00	213.133,33	12,89	
SST	1.653.962,50	23,00	71.911,41		1.440.829,17	100,00	
Mean	2.106.337,50	1,00					
SStotal	3.760.300,00	24,00					

Pengujian hipotesis dan kesimpulan yang diperoleh dari tabel ANOVA nilai rata-rata di atas sebagai berikut.

a. H_0 : Tidak ada pengaruh A terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi

H_1 : Ada pengaruh A terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi

Kesimpulan: $F\text{-ratio} = 20,02 \geq F\text{-Tabel } F_{0,05}(1;16) = 4,49$; maka H_0 ditolak yang artinya ada pengaruh faktor A terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi.

b. H_0 : Tidak ada pengaruh B terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi

H_1 : Ada pengaruh B terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi

Kesimpulan: $F\text{-ratio} = 29,7 \geq F\text{-Tabel } F_{0,05}(1;16) = 4,49$; maka H_0 ditolak yang artinya ada pengaruh faktor B terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi.

c. H_0 : Tidak ada pengaruh C terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi

H_1 : Ada pengaruh C terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi

Kesimpulan: $F\text{-ratio} = 7,95 \geq F\text{-Tabel } F_{0,05}(1;16) = 4,49$; maka H_0 ditolak yang artinya ada pengaruh faktor C terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi.

- d. H_0 : Tidak ada pengaruh D terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
 H_1 : Ada pengaruh D terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
 Kesimpulan: $F\text{-ratio} = 40,74 \geq F\text{-Tabel } F_{0,05}(1;16) = 4,49$; maka H_0 ditolak yang artinya ada pengaruh faktor D terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi.
- e. H_0 : Tidak ada pengaruh E terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
 H_1 : Ada pengaruh E terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
 Kesimpulan: $F\text{-ratio} = 36,52 \geq F\text{-Tabel } F_{0,05}(1;16) = 4,49$; maka H_0 ditolak yang artinya ada pengaruh faktor E terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi.
- f. H_0 : Tidak ada pengaruh F terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
 H_1 : Ada pengaruh F terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
 Kesimpulan: $F\text{-ratio} = 14,41 \geq F\text{-Tabel } F_{0,05}(1;16) = 4,49$; maka H_0 ditolak yang artinya ada pengaruh faktor F terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi.
- g. H_0 : Tidak ada pengaruh G terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
 H_1 : Ada pengaruh G terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi
 Kesimpulan: $F\text{-ratio} = 13,15 \geq F\text{-Tabel } F_{0,05}(1;16) = 4,49$; maka H_0 ditolak yang artinya ada pengaruh faktor G terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi.

Dari Tabel 4.12 untuk data variabel diketahui bahwa semua faktor memiliki nilai $F\text{-ratio} \geq F\text{-tabel } (F_{0,05}(1;16)) = 4,49$, hal ini dapat diartikan bahwa semua faktor memiliki pengaruh terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi. Untuk nilai % *ratio* (persen kontribusi) didapatkan hasil bahwa yang memiliki persen kontribusi terbesar yaitu D (proses pendinginan) dengan nilai kontribusi sebesar 22,26 %, sedangkan yang memiliki tingkat persen kontribusi paling rendah yaitu C (waktu pasteurisasi) sebesar 3,9 %.

5. *Pooling Up*

Pooling up dilakukan untuk menghindari kesalahan berlebih dalam penelitian. Dalam melakukan *Pooling up* hanya disarankan untuk menggunakan setengah dari jumlah derajat kebebasan pada *orthogonal array* yang digunakan dalam eksperimen agar menjadi desain yang kokoh (Belavendram, 1995). Pada pengolahan data ANOVA sebelumnya diperoleh hasil bahwa untuk semua faktor memiliki pengaruh terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi. Sedangkan dari 7 faktor yang digunakan menunjukkan hasil bahwa faktor A, C, F dan G memiliki nilai $F\text{-ratio}$ terendah dibandingkan dengan faktor lainnya, sehingga dilakukan *pooling up* untuk faktor-faktor tersebut. Berikut adalah perhitungan untuk *pooling up* faktor A, C, F dan G.

a. $SS(\text{pooled } e) = SSe + SSA + SSC + SSF + SSG$

$$SS (pooled e) = 148.266,67 + 185.504,17 + 73.704,17 + 133.504,17 + 121.837,5 = 662.816,67$$

$$b. DF (pooled e) = ve + vA + vC + vF + vG$$

$$DF (pooled e) = 16 + 1 + 1 + 1 + 1 = 20$$

$$c. MS_{pooled e} = \frac{SS_{pooled e}}{DF_{pooled e}}$$

$$MS_{pooled e} = \frac{662.816,67}{20} = 33.140,83$$

Tabel 4.13

Analysis of Variance (ANOVA) Nilai Rata-rata Pooling

Sumber	Pooled	SS	DF	MS	F-ratio	SS'	Ratio %	F tabel 0.05 (1;20)
A	Y	185.504,17	-	-	-	-	-	-
B		275.204,17	1,00	275.204,17	8,30	242.063,33	14,64	4,35
C	Y	73.704,17	-	-	-	-	-	-
D		377.504,17	1,00	377.504,17	11,39	344.363,33	20,82	4,35
E		338.437,50	1,00	338.437,50	10,21	305.296,67	18,46	4,35
F	Y	133.504,17	-	-	-	-	-	-
G	Y	121.837,50	-	-	-	-	-	-
Error	Y	148.266,67	16,00	9.266,67	-	-	-	-
Pooled E		662.816,67	20,00	33.140,83	1,00	762.239,17	46,09	
Total		1.653.962,50	23,00			1.653.962,50	100,00	
SSMean		2.106.337,50	1,00					
Sstotal		3.760.300,00	24,00					

Pengujian hipotesis dan kesimpulan yang diperoleh dari Tabel ANOVA di atas setelah dilakukan *pooling* sebagai berikut.

1. H_0 : Tidak ada pengaruh B terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi

H_1 : Ada pengaruh B terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi

Kesimpulan: $F\text{-ratio} = 8,3 \geq F\text{-Tabel } F_{0,05} (1;20) = 4,35$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor B terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi.

2. H_0 : Tidak ada pengaruh D terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi

H_1 : Ada pengaruh D terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi

Kesimpulan: $F\text{-ratio} = 20,82 \geq F\text{-Tabel } F_{0,05} (1;20) = 4,35$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor D terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi.

3. H_0 : Tidak ada pengaruh E terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi

H_1 : Ada pengaruh E terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi

Kesimpulan: $F\text{-ratio} = 18,46 \geq F\text{-Tabel } F_{0,05} (1;20) = 4,35$; maka H_0 ditolak artinya ada pengaruh faktor E terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi.

Pada hipotesis di atas, dapat diketahui bahwa faktor B, D dan E memiliki nilai $F\text{-ratio} \geq F\text{-Tabel } F_{0,05} (1;20) = 4,35$. Sehingga dapat dikatakan bahwa B, D dan E memiliki pengaruh terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi. Berdasarkan hasil perhitungan ulang *Analysis of Variance* (ANOVA) yang ditunjukkan pada Tabel 4.13 dapat diketahui bahwa

faktor-faktor yang memiliki pengaruh yang signifikan adalah B (suhu pasteurisasi) dengan persen kontribusi sebesar 14,64 %, D (proses pendinginan) dengan persen kontribusi sebesar 20,82 % dan E (kemasan penyimpanan) dengan persen kontribusi sebesar 18,46 %. Hasil rekap data perhitungan ANOVA nilai rata-rata setelah dilakukan *pooling* dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14

Rekap ANOVA Nilai Rata-Rata Setelah *Pooling*

Sumber	Pooled	SS	DF	MS	F-ratio	SS'	Ratio%	F tabel 0.05 (1;20)
B		275.204,17	1,00	275.204,17	8,30	242.063,33	14,64	4,35
D		377.504,17	1,00	377.504,17	11,39	344.363,33	20,82	4,35
E		338.437,50	1,00	338.437,50	10,21	305.296,67	18,46	4,35
Pooled		662.816,67	20,00	33.140,83	1,00	762.239,17	46,09	
Total		1.653.962,50	23,00			1.653.962,50	100,00	
SSMean		2.106.337,50	1,00					
SStotal		3.760.300,00	24,00					

Menurut Belavendram (1995), jika persen kontribusi *error* rendah (kurang dari 50%) maka dapat diasumsikan bahwa tidak ada faktor berpengaruh signifikan yang hilang dari eksperimen. Namun jika persen kontribusi *error* tinggi (50% atau lebih) maka dapat diasumsikan bahwa beberapa faktor yang signifikan telah hilang dan dapat disimpulkan bahwa terdapat perhitungan *error* atau kesalahan yang besar dalam eksperimen tersebut. Berdasarkan Tabel 4.14 didapatkan hasil bahwa tidak ada faktor-faktor signifikan yang hilang dari eksperimen karena nilai persen kontribusi *error* pada hasil perhitungan *pooling* kurang dari 50% yaitu 46,09%.

4.9.2.2 Perhitungan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Signal to noise ratio merupakan salah satu konsep untuk eksperimen yang melibatkan banyak faktor dengan membandingkan antara *mean (signal)* dengan standar deviasi (*noise*). Perhitungan ANOVA untuk *Signal to Noise Ratio* (SNR) digunakan untuk menentukan nilai level terbesar sehingga karakteristik kualitas dari eksperimen taguchi menjadi lebih optimal (Soejanto, 2009:141). Dengan perhitungan SNR dapat diketahui apa yang memberikan pengaruh terhadap nilai variansi pada eksperimen. SNR yang dilakukan dalam penelitian ini adalah SNR - STB (*Smaller the Better*) dimana semakin kecil nilainya akan semakin baik.

Menurut Belavendram (1995) tentang konsep *Signal to Noise to Ratio* (SNR), apapun karakteristik kualitas yang dipilih dalam suatu eksperimen, interpretasi dari SNR selalu ditransformasikan sama yaitu semakin besar nilai SNR maka semakin baik. Sehingga dapat dikatakan apapun karakteristik kualitas yang digunakan) tetap menggunakan konsep SNR

yang mengacu pada karakteristik kualitas *larger the better*. Berikut ini merupakan tahapan perhitungan dalam pengujian ANOVA *Signal to Noise Ratio* (SNR).

1. Perhitungan SNR untuk masing-masing eksperimen. Contoh perhitungan SNR untuk eksperimen pertama sebagai berikut.

- a. Perhitungan MSD

Contoh perhitungan MSD pada eksperimen pertama dengan menggunakan rumus (2-16) sebagai berikut.

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y^2$$

$$MSD = \frac{1}{3} \times (130^2 + 140^2 + 100^2) = 15345$$

Dilakukan perhitungan yang sama untuk menghitung pada eksperimen selanjutnya.

- b. Perhitungan *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Perhitungan *Signal to Noise Ratio* untuk eksperimen pertama dengan menggunakan rumus (2-15) sebagai berikut.

$$\eta = -10 \log_{10} [MSD]$$

$$\eta = -10 \log_{10} [9900] = 41,86$$

Dilakukan perhitungan yang sama untuk nilai SNR pada eksperimen selanjutnya.

Rekap perhitungan untuk seluruh eksperimen ditunjukkan pada Tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15

Data Hasil Perhitungan SNR

Eks	FAKTOR							Hasil			1/n	MSD	SNR
	A	B	C	D	E	F	G	R1	R2	R3			
1	1	1	1	1	1	1	1	130	140	100	0,33	15345	41,86
2	1	1	1	2	2	2	2	540	240	180	0,33	125928	51
3	1	2	2	1	1	2	2	140	100	230	0,33	27225	44,35
4	1	2	2	2	2	1	1	920	900	990	0,33	870045	59,39
5	2	1	2	1	2	1	2	220	150	90	0,33	26070	44,16
6	2	1	2	2	1	2	1	150	210	120	0,33	26730	44,26
7	2	2	1	1	2	2	1	270	270	210	0,33	62667	47,97
8	2	2	1	2	1	1	2	330	380	100	0,33	86889	49,39

2. Menyusun tabel respon *Signal to Noise Ratio* (SNR)

$$\begin{aligned} \text{A dengan level pertama } (\bar{A1}) &= \frac{\sum \text{SNR level 1 pada faktor A}}{4} \\ &= \frac{(41,86 + 51 + 44,35 + 59,39)}{4} \end{aligned}$$

$$\text{A dengan level pertama } (\bar{A1}) = 49,15$$

Untuk rekap data hasil semua perhitungan yang lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut.

Tabel 4.16

Tabel Respon *Signal to Noise Ratio*

Faktor	A	B	C	D	E	F	G
Level							
1	49,15	45,32	47,56	44,59	44,97	48,70	48,37
2	46,45	50,28	48,04	51,01	50,63	46,90	47,23
Diff	2,71	4,96	0,49	6,43	5,67	1,81	1,15
Rank	4	3	7	1	2	5	6

Berdasarkan tabel respon SNR di atas kemudian dipilih level faktor terbesar yang mempengaruhi variansi pada setiap faktor. Walaupun karakteristik kualitas yang digunakan pada eksperimen ini adalah *smaller the better*, akan tetapi untuk nilai SNR dipilih yang memiliki nilai terbesar dikarenakan SNR merupakan perbandingan antara *signal* dan *noise* yang berarti semakin besar nilai nya maka semakin kecil *noise* yang dihasilkan.

3. Mengolah data ANOVA nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) *Pooled*

Berikut ini merupakan perhitungan data ANOVA nilai *Signal to Noise Ratio pooled*,

- Perhitungan nilai jumlah kuadrat total atau *Sum of Square* (SS_{total}) dengan menggunakan rumus (2-5).

$$SS_{total} = \sum y^2$$

$$SS_{total} = (41,86)^2 + (51)^2 + (44,35)^2 + (59,39)^2 + (44,16)^2 + (44,26)^2 + (47,97)^2 + (49,39)^2$$

$$SS_{total} = 18.496,9$$

- Perhitungan jumlah kuadrat karena rata-rata atau *Sum of Square due to Mean* (SS_{mean}) dengan menggunakan rumus (2-6).

$$SS_{mean} = n, \bar{y}^2$$

n = Jumlah eksperimen, dalam hal ini ada 8 eksperimen

$$\begin{aligned} \bar{y} &= \frac{\text{Total Nilai SNR}}{n} \\ &= \frac{(41,86+51+44,35+\dots+47,97+49,39)}{8} \\ &= 47,79 \end{aligned}$$

$$SS_{mean} = 8 \times (47,79)^2 = 18.276,81$$

- Perhitungan jumlah kuadrat karena faktor atau *Sum of Square due to Factors* (SS_A) dengan menggunakan rumus (2-7).

$$\begin{aligned} SS_A &= ((\bar{A1})^2 \times n_1) + ((\bar{A2})^2 \times n_2) - SS_{mean} \\ &= ((49,15)^2 \times 4) + ((46,45)^2 \times 4) - 18.276,81 \end{aligned}$$

$$= 16,49$$

Perhitungan yang sama untuk mencari *Sum of Square due to Factors* pada B, C, D, E, F dan G.

- d. Perhitungan *Sum of Square (pooled e)* dengan menggunakan rumus (2-8).

$$SS(\text{pooled } e) = SST - SS_B - SS_D - SS_E$$

Untuk perhitungan SST sebagai berikut.

$$SST = SS_{\text{total}} - SS_{\text{mean}}$$

$$SST = 18.496,9 - 18.276,81 = 220,09$$

$$SS(\text{pooled } e) = 220,09 - 51,12 - 84,34 - 65,98$$

$$SS(\text{pooled } e) = 18,65$$

- e. Menyusun Tabel ANOVA, dengan cara sebagai berikut.

- 1) Menentukan derajat kebebasan, untuk contoh perhitungan pada B dengan menggunakan rumus (2-9) sebagai berikut.

$$DF_B = (\text{number of levels} - 1)$$

$$DF_B = (2 - 1) = 1$$

- 2) Menghitung derajat kebebasan total dengan menggunakan rumus (2-10).

$$DF_T = (\text{number of experiment} - 1)$$

$$DF_T = (8 - 1) = 7$$

- 3) Menghitung derajat kebebasan *pooled e*.

$$DF(\text{pooled } e) = DF_T - DF_B - DF_D - DF_E$$

$$DF(\text{pooled } e) = 7 - 1 - 1 - 1$$

$$DF(\text{pooled } e) = 4$$

- 4) Menghitung rata-rata jumlah kuadrat atau *Mean Sum of Square* (MS) dengan menggunakan rumus (2-11).

Berikut ini merupakan contoh perhitungan MS pada B.

$$MS_B = \frac{SS_B}{VB}$$

$$MS_B = \frac{51,12}{1}$$

$$MS_B = 51,12$$

Perhitungan yang sama untuk mencari *Mean Sum of Square* pada faktor yang lainnya. Selanjutnya untuk menghitung *MS(pooled e)* sebagai berikut.

$$MS(\text{pooled } e) = \frac{SS(\text{pooled } e)}{DF(\text{pooled } e)}$$

$$MS(\text{pooled } e) = \frac{18,65}{4} = 4,66$$

- 5) Menghitung nilai rasio (F-Ratio) – *pooled* dengan menggunakan rumus (2-12)

Untuk contoh perhitungan F-Ratio pada faktor B sebagai berikut.

$$F \text{ ratio } B = \frac{MSB}{MS(\text{pooled } e)}$$

$$F \text{ ratio } B = \frac{51,12}{4,66} = 10,96$$

Dilakukan perhitungan yang sama pada yang lainnya.

- 6) Menghitung *Pure Sum of Square* pada masing-masing faktor (SS') *pooled* dengan menggunakan rumus (2-13).

$$SS' = SS - (DF \times MS (\text{pooled } e))$$

$$SS' B = SS_B - (DF_B \times MS(\text{pooled } e))$$

$$SS' B = 51,12 - (1 \times 4,66) = 46,45$$

Dilakukan perhitungan yang sama untuk mencari SS' pada lainnya.

Untuk perhitungan SS'(*pooled e*) sebagai berikut.

$$SS'(\text{pooled } e) = SST - SS'B - SS'D - SS'E$$

$$SS'(\text{pooled } e) = 220,09 - 46,45 - 79,68 - 61,32$$

$$SS'(\text{pooled } e) = 32,64$$

- 7) Menghitung *percent contribution* (Rho%) masing-masing faktor dengan menggunakan rumus (2-14).

Untuk contoh perhitungan (Rho%) pada faktor B sebagai berikut.

$$\text{Rho}\% = \frac{SS'B}{SST} \times 100 \%$$

$$\text{Rho}\% = \frac{46,45}{220,09} \times 100 \% = 21,11 \%$$

Dilakukan perhitungan yang sama untuk mencari (Rho%) pada yang lainnya (D dan E).

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan seperti langkah-langkah diatas, didapatkan hasil perhitungan ANOVA nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) untuk data variabel setelah *pooling up* seperti yang terdapat pada Tabel 4.17 berikut.

Tabel 4.17

Tabel ANOVA *Signal to Noise Ratio Pooling*

Sumber	Pooled	SS	DF	MS	Fratio	SS'	Ratio%
A	Y	16,49	1,00	16,49			
B		51,12	1,00	51,12	10,96	46,45	21,11
C	Y	2,37	1,00	2,37			
D		84,34	1,00	84,34	18,09	79,68	36,20
E		65,98	1,00	65,98	14,15	61,32	27,86
F	Y	8,39	1,00	8,39			
G	Y	4,51	1,00	4,51			
Pooled e		18,65	4,00	4,66	1,00	32,64	14,83
SST		220,09	7,00				100,00

Sumber	Pooled	SS	DF	MS	Fratio	SS'	Ratio%
Mean							
SStotal							

Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA untuk nilai SNR seperti pada Tabel 4.17, diketahui bahwa yang paling berpengaruh terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi dengan kontribusi paling besar adalah D dengan nilai sebesar 36,20 %. Dalam eksperimen ini, perhitungan SNR digunakan untuk mengoptimalkan faktor yang mempengaruhi variansi.

Tabel 4.18

Rekap ANOVA Nilai SNR Setelah *Pooling*

Sumber	Pooled	SS	DF	MS	Fratio	SS'	Rho%
B		51,12	1,00	51,12	10,96	46,45	21,11
D		84,34	1,00	84,34	18,09	79,68	36,20
E		65,98	1,00	65,98	14,15	61,32	27,86
Pooled e		18,65	4,00	4,66	1,00	32,64	14,83
SST		220,09	7,00				100,00

Perhitungan persentase kontribusi menunjukkan persen kontribusi *error* sebesar 14,83 %, dalam hal ini berarti tidak ada faktor berpengaruh signifikan yang hilang dari eksperimen. Nilai persen kontribusi *pooled error* < 50% menunjukkan bahwa hasil eksperimen Taguchi telah memenuhi kriteria sebagai model untuk memprediksi nilai yang mempertimbangkan variansi optimumnya karena faktor-faktor penting dalam eksperimen dilibatkan dalam perancangan *robust design*.

4.9.3 Penentuan *Setting Level* Optimal

Dalam penentuan *setting level* optimal terdapat dua cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan karakteristik kualitas yaitu dengan mengurangi variansi dan menyesuaikan target sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan (Belavendram, 1995). Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan hasil rekap yang menunjukkan perbandingan pengaruh faktor-faktor dalam eksperimen terhadap karakteristik kualitas yang yang diamati, dalam hal ini berupa kadar TPC pada susu sapi pasteurisasi.

Setelah didapatkan nilai pada *setting level* optimal maka dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai prediksi hasil penelitian berdasarkan nilai rata-rata dan SNR untuk kemudian dibandingkan dengan hasil eksperimen konfirmasi. Perbandingan pengaruh faktor-faktor dalam eksperimen taguchi terhadap karakteristik kualitas yang diamati berdasarkan nilai rata-rata dan SNR dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19

Tabel Perbandingan Pengaruh Faktor pada Eksperimen Taguchi

Faktor	Peringkat		Setting level
	Rata-Rata	SNR	
A	(4)	(4)	A2
B	(3)	(3)	B1

Faktor	Peringkat		Setting level
	Rata-Rata	SNR	
C	(7)	(7)	C1
D	(1)	(1)	D1
E	(2)	(2)	E1
F	(5)	(5)	F2
G	(6)	(6)	G2

4.9.4 Perkiraan Kondisi Optimal dan Interval Kepercayaan

Langkah yang perlu dilakukan setelah mendapatkan *setting level* optimal adalah membuat perkiraan kondisi optimal. Perkiraan ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai prediksi nilai rata-rata proses dan *signal to noise ratio* (SNR) proses yang diharapkan pada level optimal dengan hasil eksperimen konfirmasi. Apabila nilai prediksi dan hasil eksperimen nilainya hampir sama atau mendekati, maka dapat disimpulkan bahwa rancangan eksperimen Taguchi sudah memenuhi syarat eksperimen Taguchi, sedangkan perhitungan interval kepercayaan bertujuan untuk mengetahui perkiraan dari level optimal yang didapat. Interval kepercayaan merupakan nilai maksimum dan minimum yang diharapkan dapat mencakup nilai rata-rata sebenarnya.

Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA, yang memiliki kontribusi besar pada kadar TPC susu sapi pasteurisasi adalah B (suhu pasteurisasi), D (proses pendinginan), E (kemasan penyimpanan). Berikut ini adalah perhitungan perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan.

1. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan nilai rata-rata seluruh data.

a. Perkiraan kondisi optimal nilai rata-rata seluruh data.

Nilai rata-rata seluruh data (\bar{y}) = 296,25

b. Menghitung nilai prediksi rata-rata dengan menggunakan rumus (2-17)

$\mu_{predicted}$ = estimasi rata-rata proses pada kondisi optimal

$$\mu_{predicted} = \bar{y} + (\text{terpilih 1} - \bar{y}) + \dots + (\text{terpilih n} - \bar{y})$$

$$\mu_{predicted} = \bar{y} + (\overline{B1} - \bar{y}) + (\overline{D1} - \bar{y}) + (\overline{E1} - \bar{y})$$

$$\mu_{predicted} = \overline{B1} + \overline{D1} + \overline{E1} - 2\bar{y}$$

$$\mu_{predicted} = 189,17 + 170,83 + 177,5 - (2 \times 296,25)$$

$$\mu_{predicted} = -55$$

c. Menghitung interval kepercayaan nilai rata-rata dengan menggunakan rumus (2-18).

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{(F_{\alpha, v1, v2} \times MSpooled e \times \frac{1}{neff})}$$

Sedangkan untuk mendapatkan nilai *neff* dengan menggunakan rumus (2-19) sebagai berikut.

$$neff = \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}}$$

$$neff = \frac{8 \times 3}{V_{\mu} + V_B + V_D + V_E}$$

$$neff = \frac{24}{1+1+1+1} = 6$$

Berikut ini perhitungan interval kepercayaan nilai rata-rata.

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{(F_{\alpha, v1, v2} \times MSpooled e \times [\frac{1}{neff}])}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{(F_{0,05;1,20} \times 33140,83 \times [\frac{1}{6}])}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{(4,35 \times 33140,83 \times [\frac{1}{6}])}$$

$$Cl_{mean} = \pm 155,01$$

Didapatkan interval kepercayaan untuk nilai rata-rata proses optimal dengan menggunakan rumus (2-20) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \mu_{predicted} - Cl_{mean} &\leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + Cl_{mean} \\ -55 - 155,01 &\leq \mu_{predicted} \leq -55 + 155,01 \\ -210,01 &\leq \mu_{predicted} \leq 100,01 \end{aligned}$$

2. Perkiraan kondisi optimal dan interval kepercayaan untuk nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) seluruh data eksperimen sebagai berikut.

- a. Perkiraan kondisi optimal untuk nilai SNR seluruh data.

$$SNR \text{ seluruh data } (\bar{\eta}) = 47,79$$

- b. Perhitungan untuk nilai prediksi rata-rata dengan menggunakan rumus (2-17).

$$\mu_{predicted} = \bar{y} + (\bar{B1} - \bar{y}) + (\bar{D1} - \bar{y}) + (\bar{E1} - \bar{y})$$

$$\mu_{predicted} = \bar{B1} + \bar{D1} + \bar{E1} - 2\bar{y}$$

$$\mu_{predicted} = 45,32 + 44,59 + 44,97 - (2 \times 47,79)$$

$$\mu_{predicted} = 39,3$$

- c. Perhitungan untuk interval kepercayaan nilai rata-rata dengan menggunakan rumus (2-18).

$$CI_{SNR} = \pm \sqrt{(F_{\alpha, v1, v2} \times MS_{pooled} \times \left[\frac{1}{n_{eff}} \right])}$$

Sedangkan untuk perhitungan n_{eff} dengan menggunakan rumus (2-19) sebagai berikut.

$$n_{eff} = \frac{\text{total number of experiments}}{\text{sum of degree of freedom used in estimate of mean}}$$

$$n_{eff} = \frac{8}{V_{\mu} + V_B + V_D + V_E}$$

$$n_{eff} = \frac{8}{1+1+1+1} = 2$$

Sehingga perhitungan untuk interval kepercayaan sebagai berikut.

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{\left(F_{\alpha, v1, v2} \times MS_{pooled} \times \left[\frac{1}{n_{eff}} \right] \right)}$$

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{\left(F_{0,05;1,4} \times 4,66 \times \left[\frac{1}{2} \right] \right)}$$

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{\left(7,71 \times 4,66 \times \left[\frac{1}{2} \right] \right)}$$

$$CI_{mean} = \pm 4,23$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapatkan nilai interval kepercayaan untuk proses optimal dengan menggunakan rumus (2-20).

$$\mu_{predicted} - CI_{mean} \leq \mu_{predicted} \leq \mu_{predicted} + CI_{mean}$$

$$39,3 - 4,23 \leq \mu_{predicted} \leq 39,3 + 4,23$$

$$35,07 \leq \mu_{predicted} \leq 43,53$$

Berdasarkan hasil perhitungan prediksi kondisi optimum untuk nilai rata-rata didapatkan hasil nilai $\mu_{predicted}$ sebesar 39,3, nilai tersebut masih berada dalam rentang nilai selang kepercayaan yaitu $-210,01 \leq \mu_{predicted} \leq 100,01$. Sama seperti hasil pada nilai rata-rata, untuk hasil perhitungan kondisi optimum pada nilai SNR didapatkan hasil nilai $\mu_{predicted}$ sebesar 39,3 yang mana masih berada dalam rentang nilai selang kepercayaan yaitu $35,67 \leq \mu_{predicted} \leq 43,53$

dalam hal ini berarti pengukuran kadar TPC tersebut berada pada batas rentang pengukuran kadar TPC yang optimal.

4.9.5 Pengujian Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen Taguchi yang sudah dilakukan harus melalui tahap pengujian validasi hasil dengan menggunakan *setting* faktor dan level optimal yang telah dihasilkan dari perhitungan sebelumnya, pengujian ini disebut dengan eksperimen konfirmasi. Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan menggunakan *setting* level optimal yang telah didapatkan sebelumnya yaitu yang terdiri dari kombinasi dari level dan dalam penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 4.20 sebagai berikut. Pada eksperimen konfirmasi terdapat perhitungan rata-rata, *signal to noise ratio*, perkiraan selang kepercayaan dan analisis hasil eksperimen konfirmasi.

Tabel 4.20

Faktor Terkendali *Setting Level* Optimal

Faktor	Level
Alat Perah Sapi	Mesin Perah
Suhu Pasteurisasi	75°C
Waktu Pasteurisasi	30 Detik
Proses Pendinginan	Dengan Percepatan
Kemasan Penyimpanan	Botol Plastik
Suhu Penyimpanan	0°C
Waktu Penyimpanan	2 Hari

Hasil uji kadar TPC susu sapi pasteurisasi pada eksperimen konfirmasi dapat dilihat pada lampiran 4. Data hasil eksperimen konfirmasi dapat dilihat pada Tabel 4.21 berikut.

Tabel 4.21

Hasil Pengujian Kadar TPC Susu Sapi Pasteurisasi Eksperimen Konfirmasi

No. Sampel	Kadar TPC (cfu/mL)	No. Sampel	Kadar TPC (cfu/mL)
1	130	6	170
2	160	7	180
3	150	8	200
4	290	9	270
5	180	10	220

Setelah mendapatkan data eksperimen konfirmasi, langkah selanjutnya adalah menghitung interval kepercayaan untuk selanjutnya dibandingkan dengan hasil eksperimen Taguchi. Hal ini akan menggambarkan apakah eksperimen yang dilakukan diterima atau ditolak dengan membandingkan keduanya dalam bentuk grafik. Berikut ini adalah perhitungan interval kepercayaan dalam eksperimen konfirmasi.

1. Perhitungan untuk nilai rata-rata.

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\mu = \frac{1}{10} \times (130+160+150+\dots+270+220)$$

$$\mu = 195$$

Perhitungan untuk mencari nilai variansi sebagai berikut.

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{10-1} ((130-192)^2 + (160-192)^2 + \dots + (220-192)^2)$$

$$\sigma^2 = 2623,5$$

$$\sigma = 51,22$$

2. Nilai hasil perhitungan SNR *Smaller The Better*.

- a. Perhitungan MSD SNR *Smaller The Better*

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$$

$$MSD = \frac{1}{10} \times \left(\frac{1}{130^2} + \frac{1}{160^2} + \frac{1}{150^2} + \dots + \frac{1}{220^2} \right)$$

$$MSD = 40410$$

- b. Perhitungan SNR *Smaller The Better*.

$$\eta = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right]$$

$$\eta = -10 \log_{10} [40410]$$

$$\eta = -46,06$$

3. Selang kepercayaan nilai rata-rata eksperimen konfirmasi respon dengan rata-rata

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{(F_{\alpha, v1, v2} \times V_e \times \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right])}$$

$$CI_{mean} = \pm \sqrt{(4.35 \times 33140,83 \times \left[\frac{1}{6} + \frac{1}{10} \right])}$$

$$CI_{mean} = \pm 193,6$$

Sehingga dari perhitungan diatas didapatkan selang kepercayaan nilai rata-rata eksperimen konfirmasi sebagai berikut.

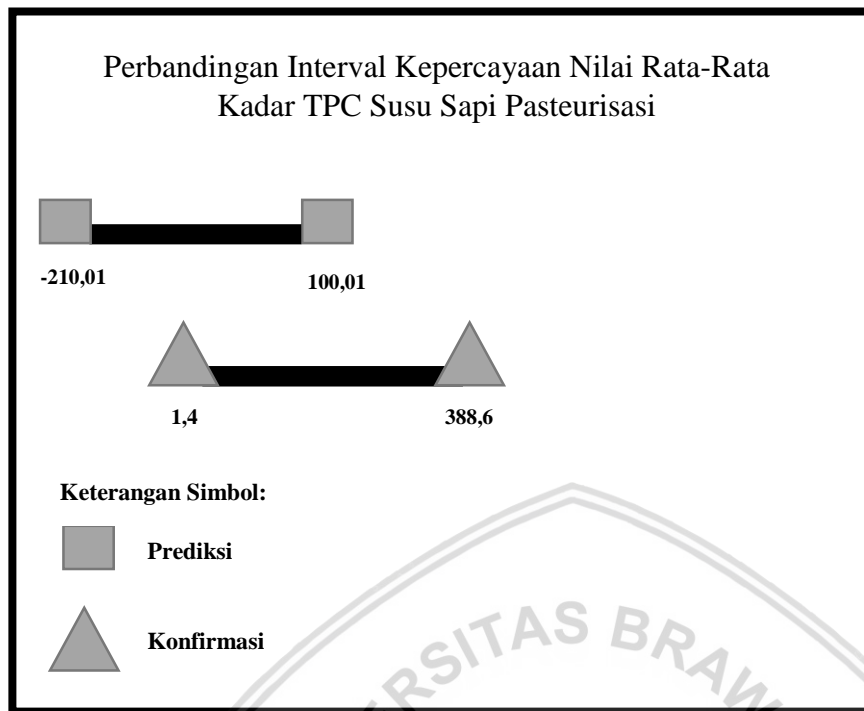
$$\mu_{confirmation} - CI_{mean} \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + CI_{mean}$$

$$195 - 193,6 \leq \mu_{predicted} \leq 195 + 193,6$$

$$1,4 \leq \mu_{predicted} \leq 388,6$$

Gambar 4.1 adalah perbandingan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi dengan

eksperimen Taguchi untuk nilai rata-rata.



Gambar 4.1 Perbandingan interval kepercayaan nilai prediksi dan eksperimen konfirmasi nilai rata-rata

4. Selang kepercayaan nilai rata-rata eksperimen konfirmasi respon dengan nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR)

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{(F_{\alpha, v1, v2} \times Ve \times \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right])}$$

$$Cl_{mean} = \pm \sqrt{(7,71 \times 4,66 \times \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{10} \right])}$$

$$Cl_{mean} = \pm 4,64$$

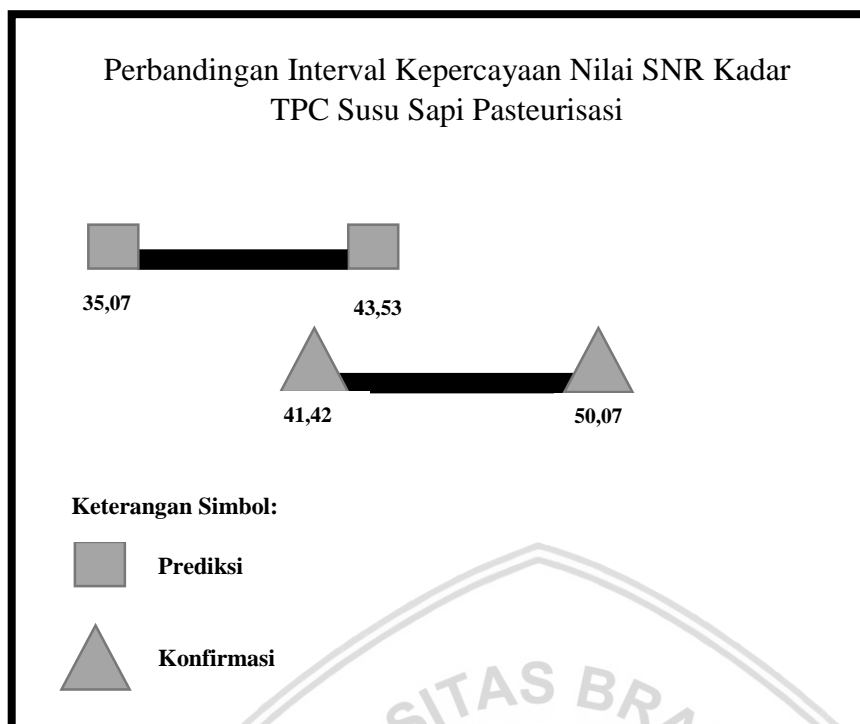
Sehingga dari perhitungan diatas didapatkan selang kepercayaan nilai SNR eksperimen konfirmasi sebagai berikut.

$$\mu_{confirmation} - Cl_{mean} \leq \mu_{confirmation} \leq \mu_{confirmation} + Cl_{mean}$$

$$46,06 - 4,64 \leq \mu_{predicted} \leq 46,06 + 4,64$$

$$41,42 \leq \mu_{predicted} \leq 50,07$$

Gambar 4.2 adalah perbandingan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi dan eksperimen taguchi untuk nilai SNR.



Gambar 4.2 Perbandingan interval kepercayaan nilai prediksi dan eksperimen konfirmasi pada nilai SNR

Dari hasil perbandingan interval kepercayaan dengan eksperimen Taguchi dapat dilihat bahwa eksperimen konfirmasi dapat diterima dengan pertimbangan selang kepercayaan. Berdasarkan interval kepercayaan nilai rata-rata maupun SNR, dapat disimpulkan bahwa keputusan diterima, artinya hasil dari eksperimen Taguchi dapat digunakan dan *setting level* optimal dapat dijadikan acuan dalam penurunan kadar TPC susu sapi pasteurisasi.

4.10 Analisis dan Pembahasan

Berdasarkan eksperimen Taguchi yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa penggunaan *setting level* optimal yang terpilih dapat menurunkan kadar TPC pada susu sapi pasteurisasi. Pada penelitian ini *orthogonal array* yang digunakan adalah $L_8(2^7)$ dengan karakteristik kualitas *Smaller the Better*. Terdapat 8 eksperimen dengan 7 faktor dan 2 level pada masing-masing faktor, yaitu faktor alat perah sapi (tangan, mesin perah), suhu pasteurisasi (75°C, 72 °C), waktu pasteurisasi (30 detik, 15 detik), proses pendinginan (dengan percepatan, dengan suhu ruang), kemasan penyimpanan (botol plastik, *vacuum standing pouch*), suhu penyimpanan (10°C, 0°C) dan waktu penyimpanan (3 hari, 2 hari).

Berdasarkan perhitungan ANOVA dari data hasil kadar TPC susu sapi pasteurisasi, baik untuk nilai rata-rata maupun *Signal to Noise Ratio* (SNR), didapatkan hasil bahwa semua faktor yang digunakan dalam eksperimen memiliki pengaruh terhadap penurunan kadar TPC. Urutan faktor yang berpengaruh signifikan dan memiliki kontribusi dari terbesar

sampai nilai paling kecil yaitu faktor D (proses pendinginan: 22,26%), faktor E (kemasan penyimpanan: 19,9%), faktor B (suhu pasteurisasi: 16,08%), faktor A (alat perah sapi: 10,66%), faktor F (suhu penyimpanan: 7,51%), faktor G (waktu penyimpanan: 6,81%) dan faktor C (waktu pasteurisasi: 3,9%). Berdasarkan hasil tersebut, dilakukan *pooling* pada faktor yang memiliki pengaruh paling kecil. Karena dalam melakukan *pooling up* disarankan menggunakan separuh dari jumlah derajat kebebasan pada *orthogonal array*, sehingga faktor-faktor yang dilakukan *pooling up* adalah faktor A, C, F dan G, hal ini dikarenakan keempat faktor tersebut memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan tiga faktor lainnya. Berdasarkan hasil *pooling* diputuskan bahwa tidak ada faktor berpengaruh signifikan yang hilang karena persen kontribusi *error* pada hasil *pooling* tidak lebih dari 50% yaitu sebesar 46,09%.

Untuk hasil dari tabel respon baik untuk nilai rata-rata maupun SNR menunjukkan bahwa *setting* level optimal yang dipilih yaitu faktor A level 2 (alat perah mesin), faktor B level 1 (suhu pasteurisasi 75°C), faktor C level 1 (waktu pasteurisasi 30 detik), faktor D level 1 (proses pendinginan dengan percepatan), faktor E level 1 (kemasan botol plastik), faktor F level 2 (suhu penyimpanan 0°C) dan faktor G level 2 (waktu penyimpanan 2 hari). Keputusan dalam penentuan pemilihan *setting* level optimal berdasarkan nilai rata-rata dan SNR serta beberapa pertimbangan.

Setting level optimal yang didapatkan digunakan untuk menjalankan eksperimen konfirmasi. Eksperimen konfirmasi dilakukan sebanyak 10 replikasi. Dari hasil eksperimen konfirmasi didapatkan nilai terendah kadar TPC berada pada angka 130 cfu/ml dan nilai terbesar pada 290 cfu/ml. Selanjutnya dapat dihitung *confidence interval* baik dari segi prediksi rata-rata dan SNR maupun dari segi uji konfirmasi nilai rata-rata dan SNR. Perhitungan ini berguna untuk membuktikan apakah eksperimen konfirmasi yang menggunakan *setting* level optimal terpilih dapat diterima atau tidak. Hasil perbandingan *confidence interval* antara eksperimen Taguchi dan konfirmasi ditunjukkan pada Tabel 4.22 berikut.

Tabel 4.22

Hasil Perhitungan Interval Kepercayaan Kadar TPC Susu Prediksi dan Optimasi

Respon (Kadar TPC Susu Sapi Pasteurisasi)		Prediksi	Optimasi
Eksperimen Taguchi	Rata-Rata	-55	-210,01 ± 100,01
	SNR	39,3	35,07 ± 43,53
Eksperimen Konfirmasi	Rata-Rata	195	1,4 ± 388,6
	SNR	46,06	41,42 ± 50,7

Berdasarkan Tabel 4.22 hasil nilai rata-rata maupun variabilitas dari eksperimen Taguchi dan eksperimen konfirmasi valid dan dapat diterima, hal ini dikarenakan terdapat

irisan antara nilai keduanya. Nilai negatif pada hasil eksperimen Taguchi untuk nilai rata-rata dianggap bernilai 0 dikarenakan tidak mungkin kadar TPC dapat bernilai negatif. Jika dibandingkan dengan standar kadar TPC susu pasteurisasi sesuai SNI dimana kandungan TPC maksimum pada susu sapi pasteurisasi sebesar 1×10^6 cfu/ml, kadar TPC pada eksperimen ini sudah mencapai standar SNI.

Dari hasil *setting* level optimal yang telah diketahui berdasarkan hasil eksperimen Taguchi, hampir semua level optimal berbeda dengan kondisi yang selama ini digunakan pada UMKM Susu Singosari. Hanya kemasan penyimpanan yang memiliki level yang sama dengan produksi susu di UMKM Susu Singosari. Berikut adalah perbandingan seluruh faktor dengan kondisi *existing* UMKM Susu Singosari beserta analisisnya.

1. Alat Perah Sapi

UMKM Susu Singosari masih menggunakan tenaga manusia dalam proses pemerahan susu sapi. Setelah dilakukan eksperimen Taguchi didapatkan bahwa pemerahan menggunakan mesin dapat meningkatkan kualitas susu dari segi kadar TPC. Walaupun pengaruhnya tidak cukup besar akan tetapi hal ini dapat dipertimbangkan sebagai investasi untuk membeli mesin perah agar kualitas susu dapat lebih baik.

2. Suhu dan Waktu Pasteurisasi

Suhu dan waktu pasteurisasi yang digunakan UMKM Susu Singosari adalah 63°C dalam 15 menit. Metode ini termasuk ke dalam metode *Long Time Low Temperature* (LTLT). Akan tetapi metode ini belum dapat membunuh bakteri secara efektif dikarenakan waktu yang digunakan kurang lama pada suhu yang ditentukan. Setelah dilakukan eksperimen Taguchi didapatkan bahwa suhu dan waktu pasteurisasi optimal adalah 75°C dalam 30 detik. Dalam perhitungan ANOVA juga didapatkan bahwa suhu pasteurisasi termasuk ke dalam 3 faktor dengan pengaruh tertinggi. Oleh karena itu UMKM Susu Singosari dapat menerapkan parameter ini ke dalam proses produksi susu sapi pasteurisasi.

3. Proses Pendinginan

Proses pendinginan susu pada UMKM Susu Singosari memakan waktu yang lama karena proses ini dilakukan tanpa media pendingin. Selain menimbulkan *waste* berupa pemborosan waktu produksi, hal ini dapat memicu kontaminasi bakteri dikarenakan susu dibiarkan begitu saja tanpa adanya penutup. Hal ini terbukti dengan hasil perhitungan ANOVA pada eksperimen Taguchi yang menempatkan proses pendinginan sebagai faktor yang paling berpengaruh terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi. Oleh karena itu sebaiknya UMKM Susu Singosari dapat menerapkan level optimal hasil eksperimen yaitu dengan menambahkan media pendingin berupa es batu.

4. Kemasan Penyimpanan

Kemasan penyimpanan yang digunakan UMKM Susu Singosari adalah botol plastik sterilisasi. Hal ini sudah sesuai dengan hasil eksperimen Taguchi yang dilakukan. Dalam perhitungan ANOVA faktor kemasan penyimpanan menempati urutan ke 2 untuk faktor yang paling berpengaruh terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi. Hal ini dikarenakan kemasan memiliki peran penting dalam menjaga susu setelah proses pasteurisasi dan selama proses penyimpanan. Jika kemasan yang digunakan tidak dapat melindungi susu dari kontaminasi partikel luar, maka sebgus apapun proses pasteurisasi yang dilakukan susu akan mudah rusak dan tidak tahan lama.

5. Suhu dan Waktu Penyimpanan

Suhu dan waktu penyimpanan yang digunakan oleh UMKM Susu Singosari sebenarnya sudah sesuai dengan hasil eksperimen Taguchi. Akan tetapi untuk suhu penyimpanan masih memakai 2 suhu yaitu 10°C dan 0°C dimana untuk suhu 0°C kuantitas susu yang disimpan lebih sedikit. Walaupun dari hasil perhitungan ANOVA eksperimen Taguchi faktor suhu dan waktu penyimpanan memiliki pengaruh yang relatif kecil akan tetapi faktor ini tetap perlu diperhatikan untuk kedepannya agar produk susu dapat terjaga dan lebih tahan lama.

Dari hasil analisis yang telah dijabarkan, dapat dilihat bahwa proses pendinginan yang semakin cepat dapat mengurangi kadar TPC susu sapi pasteurisasi. Hal ini dikarenakan semakin singkat waktu pendinginan maka celah kontaminasi mikroorganisme juga akan semakin kecil. Setelah mengetahui *setting* level optimal serta kadar TPC dari hasil eksperimen Taguchi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa penelitian ini dapat diterapkan untuk meningkatkan kualitas susu sapi pasteurisasi pada UMKM Susu Singosari karena TPC yang dihasilkan jauh lebih baik dengan rata-rata pada eksperimen konfirmasi sebesar 195 cfu/ml. Nilai ini cukup jauh dibandingkan dengan standar SNI (10^6 cfu/ml) maupun kondisi awal di UMKM Susu Singosari ($1,6 \times 10^6$ cfu/ml). Selain itu hasil dari eksperimen ini juga dapat menjadi acuan parameter bagi UMKM yang bergerak di bidang *dairy production*.

BAB V PENUTUP

Pada bagian penutup akan dibahas mengenai kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran yang diperlukan untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian dan pengolahan data dengan menggunakan metode Taguchi sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kadar TPC susu sapi pasteurisasi yaitu faktor proses pendinginan dengan kontribusi sebesar 22,26%, faktor kemasan penyimpanan dengan kontribusi sebesar 19,9%, faktor suhu pasteurisasi dengan kontribusi 16,08%, faktor alat perah sapi dengan kontribusi 10,66%, faktor suhu penyimpanan dengan kontribusi sebesar 7,51% dan faktor waktu penyimpanan dengan kontribusi sebesar 6,81%.
2. Hasil dari perhitungan nilai rata-rata dan SNR *setting level* faktor optimal yang didapatkan yaitu faktor A level 2 (alat perah mesin), faktor B level 1 (suhu pasteurisasi 75°C), faktor C level 1 (waktu pasteurisasi 30 detik), faktor D level 1 (proses pendinginan menggunakan percepatan), faktor E level 1 (kemasan botol plastik), faktor F level 2 (suhu penyimpanan 0°C) dan faktor G level 2 (waktu penyimpanan 2 hari).

5.2 Saran

Berikut ini saran yang dapat diberikan untuk penelitian-penelitian sejenis kedepannya.

1. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya memperhitungkan parameter lain dari kualitas susu sapi pasteurisasi.
2. Perusahaan sebaiknya dapat mempertimbangkan kombinasi level dan faktor yang telah didapatkan pada penelitian ini agar dapat meningkatkan kualitas produk susu sapi pasteurisasi.
3. Kedepannya hasil penelitian ini dapat menjadi rujukan bagi UMKM yang bergerak di bidang *dairy product* untuk meningkatkan kualitas produk hasil olahan susu.



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar. 1994. *Teknologi Pemeraman dan Pengemasan Hasil Ternak (Dukungan Terhadap Agroindustri Komoditi Ternak)*. Batu: Sub BPT Gati.
- Agustina, T. 2016. *Outlook Susu Komoditas Pertanian Subsektor Peternakan*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. *Standar Nasional Indonesia untuk Susu Sapi*. Jakarta: BSN.
- Balia, R. L., Harlia, E. & Suryanto, D. 2008. *Jumlah Bakteri Total dan Koliform pada Susu Segar Peternakan Sapi Perah Rakyat dan Susu Pasteurisasi Tanpa Kemasan di Pedagang Kaki Lima*. Bandung: Fakultas Peternakan Universitas Padjajaran.
- Belavendram, N. 1995. *Quality by Design Taguchi Techniques for Industrial Experimentation*. London: Prentice Hall International (UK) Limited.
- Cahyono, D., Padaga, M. dan Sawitri, M. E. 2013. Kajian Kualitas Mikrobiologis (*Total Plate Count* (TPC), *Enterobacteriaceae* dan *Staphylococcus Aureus*) Susu Sapi Segar di Kecamatan Krucil Kabupaten Probolinggo. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, April 2013, Hal 1-8 ISSN : 1978-0303
- Chamberlain, A. 1989. *Milk Production in the Tropics*. England: Long Man.
- Crosby, P. B. 1979. *Quality is free: The Art of Making Quality Certain*. New York: New American Library.
- Deming, W. E. 1986. *Out of Crisis*. Cambridge: Massachussets Institute of Technology.
- Diaz, A. G. & Phillips, D. T. 1995. *Principles of Experimental Desain and Analysis*. London: Springer.
- Estiasih, T. & Ahmadi. 2009. *Teknologi Pengolahan Pangan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Fahmi, Q. A, Santoso, P. B, Fanani, A. A. 2017. Perancangan Sistem Informasi Manajemen *Traceability* Komposisi Produk Berbasis *Value Chain* Studi Kasus Koperasi Unit Desa (KUD) Batu. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*. V (8): 1703-1714.
- Fardiaz, S. 1993. *Analisis Mikrobiologi Pangan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Gorris, L. G. M. 2005. Food Safety Objective: An Integral Part of Food Chain Management. *Food Control*. XVI (9): 801-809.
- Hadiwiyoto. 1994. *Pengujian Mutu Susu dan Hasil Olahnnnya*. Yogyakarta: Liberty.
- Idris, S. 1992. *Pengantar Teknologi Pengolahan Susu, Animal Husbandry Project*. Malang: UB Press.
- Jenness, R. & Patton, S. 1969. *Principles of Dairy Chemistry*. New Delhi: Wiley Eastern Private Limited.
- Juran, J. M. 1951. *Quality-control Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Lochner, R.H. & Matar, J. E. 1990. *Designing for Quality*. USA: Quality Resources.

- Melani. 2007. *Manfaat Susu*. <http://kumpulan.info/.../48-article-kesehatan.../131-mengenal-susu-dan-manfaat.html>. (diakses 27 September 2017).
- Mudawaroch, R. E., Arifin, H. D. dan Amanah, S. 2013. Pengaruh Lama Penyimpanan Pada Suhu (- 20°C) Terhadap Jumlah Total Bakteri (TPC) Susu Kambing Peranakan Etawah. *SURYA AGRITAMA*. II (2): 51-58.
- Murdiati, T. B., Priadi, A., Rachmawati, S. dan Yuningsih. 2004. Pasteurized Milk and Implementation of HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point). *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. IX (3): 172-180.
- Sediaoetama, A. D. 1985. *Ilmu Gizi*. Jakarta: Dian Rakyat.
- Setyanto, N. W. & Lukodono, R. P. 2017. *Teori dan Aplikasi Desain Eksperimen Taguchi*. Malang: UB Press.
- Shah, N. & Vasiljevic, T. 2008. *Cultured Milk and Yoghurt*. USA: Black Well Publishing.
- Singh, S. 2014. *Dairy Technology Milk and Milk Processing*. New Delhi: New India Publishing Agency.
- Soejanto, I. 2009. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sudjana. 1995. *Desain dan Analisis Eksperimen Edisi IV*. Bandung: PT. Tarsito.
- Sufyanhadi, A. 2012. Pengaruh Penurunan Suhu Secara Cepat dan Waktu Penyimpanan Terhadap Total Plate Count (TPC) dan Koloni Koliform Susu Pasteurisasi. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R dan D*. Bandung: Alfabeta.
- Sunarlim, R. & Widaningrum. 2005. *Cara Pemanasan, Suhu, dan Lama Penyimpanan Terhadap Masa Simpan Susu Kambing*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.
- Wardiana, A. 2005. Analisis Kualitas Susu Pasteurisasi dengan Microwave Ditinjau dari Uji Reduktase, Coliform, Total Plate Count (TPC), dan Somatic Cell Count (SCC). *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Wulandari, D. C. 2016. *Identifikasi Kesempurnaan Proses Pasteurisasi Ditinjau dari Total Bakteri serta Kandungan Protein dan Laktosa pada Susu Pasteurisasi Kemasan Produksi Pabrik dan Rumah Tangga di Kota Batu*. Majalah Kesehatan FKUB Vol 3, No 3.